

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 農業及生物科技科

第二名

091403

沒「硝」息就是好消息

—探討水果、大蒜、茶類對於食物中亞硝酸鹽之去除能力

學校名稱：高雄市私立樹德家事商業學校

作者：	指導老師：
職二 陳滄真	李冠徵
職二 林一辰	謝雅玲
職二 黃靖貽	
職二 楊子萱	

關鍵詞：亞硝酸鹽、維他命 C、茶多酚

摘要

據我國衛生署最新報告指出，結直腸癌已成為癌症中的頭號殺手。飲食中所含的各類致癌成分就是引發消化道突變、癌化的重要原因。經由食物中所攝入的亞硝酸鹽即是這些致癌劑的前驅物之一。如何減少攝入亞硝酸鹽或是如何阻止已攝入之亞硝酸鹽轉換成具致癌力的亞硝胺便成為了我們關注的題目。針對常見的兩大亞硝酸鹽來源（即醃製肉品與蔬菜）做檢測，發現品牌盒裝香腸較市售散裝香腸、臘腸安全；一般蔬菜保存時間與其內之亞硝酸鹽成正相關，有機蔬菜、地瓜葉、瓜類、球莖類則較無此問題。芭樂、櫻桃具有良好的亞硝酸鹽清除效果，市售統一每日 C 果汁系列與統裡茶裡王濃茶系列效果亦佳。蔥蒜類以蒜頭為最有力的亞硝酸鹽清除者，但蒜香口味食品無此功效。

壹、 研究動機

在還未發明冷藏方法的年代，人們通常會醃漬肉類，以保持肉質長期不會變壞。利用食鹽來保存肉類的方法由來已久。後來，有人無意中發現，未經加工的食鹽含有「硝酸鹽」與「亞硝酸鹽」，這些雜質可以令醃製的肉類產生紅潤的色澤並且延緩腐壞的速度，其後更演變成現代醃製肉類的方法。隨著醫學知識進步，我們知道硝酸鹽類對人體危害較輕微，但亞硝酸鹽則不然。當人類意外大量攝取亞硝酸鹽時，會引發急性中毒。這是因為亞硝酸鹽使體內紅血球素中的鐵由二價鐵氧化成三價鐵，正鐵血紅蛋白失去攜氧能力，造成血氧過少，令人感到頭痛、虛弱、呼吸困難，皮膚和黏膜會變成紫藍色，醫學上稱為發紺。此外，亞硝酸鹽還有另一個可怕的角色－「亞硝胺的前驅物」，亞硝酸鹽會與「胺」類結合，形成具有強烈致癌性的「亞硝胺」。

「亞硝胺」是一群化合物的總稱，代表物質有二甲基亞硝胺、二乙基亞硝胺、二丙基亞硝胺、二異丙基亞硝胺、二苯基亞硝胺、甲基苯基亞硝胺、亞硝基丁基胺、亞硝基吡咯啉及亞硝基六氫吡啶等，是一種相當普遍及具毒性的致癌物質，廣泛的存在食物、煙、酒、及檳榔中，以香煙中的濃度特別高。1956年Magee將含有50ppm的甲基亞硝胺的飼料餵養大鼠一年，幾乎全部發生肝癌，揭示了亞硝胺類物質的致癌性。國際癌症研究機構陸續從其他動物試驗發現，亞硝胺最重要的生理作用是它們的致癌性與致畸形性。其於動物體內的致癌性可在不同的器官發生，包口腔癌、食道癌、鼻癌、氣管癌、肺癌、肝癌及胰臟癌等。食物中的亞硝胺，最主要會引起腸胃道及肝臟的癌症。根據衛生署公佈最新癌症登記報告指出結直腸癌與肝癌，已成為國人發生人數最多的癌症！

富含亞硝酸鹽之食物常見的有香腸、臘肉、培根、火腿和熱狗等。這類食物添加亞硝酸鹽是因為亞硝酸鹽可以抑制肉梭毒桿菌、使肉品產生特殊鹽漬風味以及固定肉

色。至於含胺類食物主要為海產類食物，如鯖魚、鯷魚、章魚、蚵乾、蝦米乾、干貝、魚翅、鱈魚和秋刀魚等。其它如魚、蛋、巧克力、肉及熟成的硬起司中也含有多種胺類物質。遠在李時珍的“本草綱目”中就記載醃菜不可與鯽魚同煮。從科學角度來說，是鯽魚的蛋白質很容易水解產生胺，富含亞硝酸鹽的醃菜與之共煮就會產生致癌的亞硝胺。

日常生活中，要避免完全食用香腸、臘肉、培根、火腿和其他醃製類食物是頗為難的事，加上現代人大魚大肉的飲食習慣，導致亞硝胺生成與身體受到癌症威脅的可能性大增。而對於素食主義者來說，選擇吃蔬菜看似是比較安全的做法，事實卻不然。許多菜農為了使蔬菜快速生長，大量使用化學氮肥的結果導致蔬菜內含有許多硝酸鹽，常見的小白菜與菠菜之硝酸鹽動輒 2000~4000ppm 以上。這些原本對人體較無害的硝酸鹽，卻會隨著蔬菜的存放時間拉長而在被細菌轉換成危害較大的亞硝酸鹽。不僅如此，這些富含硝酸鹽的速成蔬菜進到腸道之後，也容易被腸道內的細菌還原成亞硝酸鹽，進而在體內與胺類結合成亞硝胺。曾有研究報導人們食用的亞硝酸鹽有 81.2% 是來源於蔬菜。如此看來，亞硝酸鹽真是潛伏在生活四週，要完全避免恐怕十分困難。尤其現在的學生和上班族幾乎天天都外食，到底食材新不新鮮？到底我們吃進些什麼？似乎也都只能眼不見為淨了！

雖然我們可以裝作沒看見，但這些致癌劑累積在體內所造成的潛在傷害卻是不會消失。根據文獻記載，維他命 C 對於阻止硝酸鹽轉變為致癌的亞硝胺有極大功效。但除此之外，究竟日常食材裡可以消除亞硝酸鹽或是阻止亞硝胺生成的物質有哪些？而其效用又分別是如何呢？就實驗動機而言，很單純地，我們想知道到底怎樣吃、吃多少才可以比較有效？因此，我們希望藉由這系列的實驗活動來檢測生活中常見食材之亞硝酸鹽含量，以及探討不同的果汁、蔥蒜、茶類與市售飲料對於亞硝酸鹽的清除能力。

(教材相關單元:基礎生物 B 第三章 人體的生理)

貳、 研究目的

- 一、 檢測常見醃製肉類食物中亞硝酸鹽的含量
- 二、 檢測與探討蔬菜保存方式與亞硝酸鹽含量之關係
- 三、 檢測與探討不同果汁（現榨與罐裝）對於亞硝酸鹽的清除能力
- 四、 檢測與探討蔥蒜類對於亞硝酸鹽的清除能力
- 五、 檢測與探討不同茶類（現泡與罐裝）對於亞硝酸鹽的清除能力
- 六、 亞硝酸鹽之最佳剋星的實際應用與探討

參、 研究設備與材料

一、實驗材料與藥品：各品牌香腸、散裝香腸與臘腸、時令水果與市售罐裝果汁、一般蔬菜與有機蔬菜類、蔥蒜類與香蒜粉、茶包與罐裝茶類、維他命 C、鹽酸、亞硝酸鈉、磺胺劑 (sulfanilamide)、鹽酸奈乙二胺(N-1-naphthylene diamine, NED)。

二、實驗器材: 燒杯、試管、微量滴管、秤量紙、藥匙、量筒、微量天平、分光光度計、果汁機、研鉢、離心機、加熱板。



分光光度計 (Hitachi)



離心機 (eppendorf)



微量滴管 (Nichiryo)



各類水果



罐裝飲料



各類蔬菜

肆、 研究方法

一、AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 之亞硝酸鹽標準檢測法

稱取 5g 均質樣品，加入 40mL 蒸餾水並加熱至 80°C，而後加入 80°C 熱水至 300mL，於沸水震盪 1 小時。冷卻後定量至 500mL，取 25mL 試液且加入 2.5mL 0.5% 磺胺劑。5 分鐘後加入 2.5mL 的鹽酸奈乙二胺並定量至 50mL 靜置 15 分鐘。使用分光光度計，測量 540nm 的吸光值並加以記錄。將吸光值代入標準曲線，所得之值乘以稀釋倍數 200 即為亞硝酸鹽含量 (ppm)。

二、標準曲線之建立方式

取亞硝酸鈉標準溶液 (1mg/L) 5mL、10mL、20mL、30mL 分置於 100mL 定量瓶，各加水至 25mL。並加入 2.5mL 0.5% 磺胺劑。5 分鐘後加入 2.5mL 的鹽酸奈乙二胺並定量至 100mL 靜置 15 分鐘。使用分光光度計，測量 540nm 的吸光值並加以繪製標準曲線。

三、檢測不同物質對於亞硝酸鹽的清除能力

秤取欲檢測物 1g 或 1mL 於 9mL 亞硝酸鈉反應溶液 (100mg/L)。混淆震盪 10~15 分鐘後，定量至 1000mL，取 25mL 試液且加入 2.5mL 0.5% 磺胺劑。5 分鐘後加入 2.5mL 的鹽酸奈乙二胺並定量至 50mL 靜置 15 分鐘。使用分光光度計，測量 540nm 的吸光值並加以記錄。並回推亞硝酸鈉剩餘濃度，以 ppm 表示。

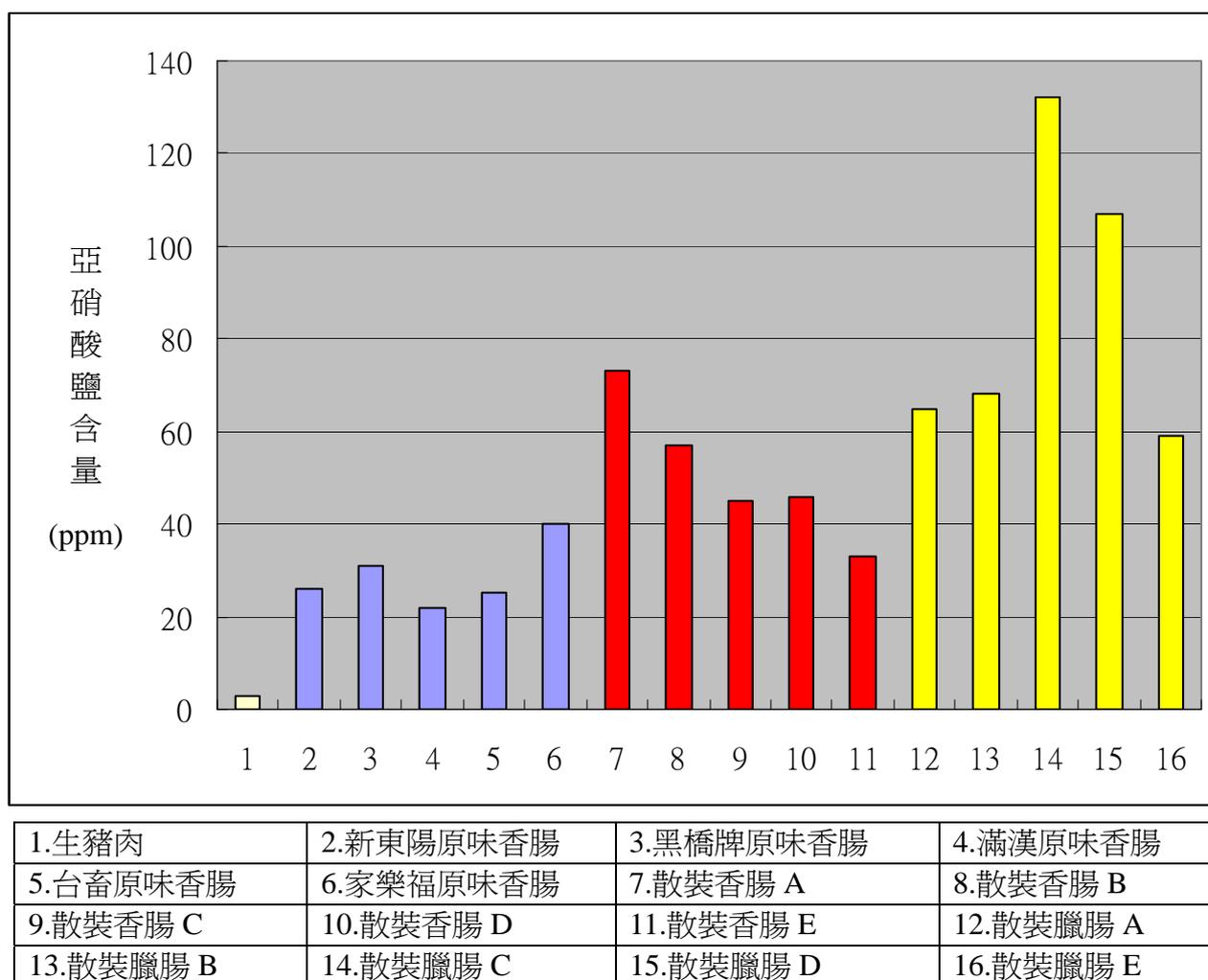
四、模擬人體胃部環境，檢測不同物質對於香腸萃取液之亞硝酸鹽清除能力

秤取 5g 香腸均質化，加水 40ml 並於沸水震盪 1 小時，而後定量在 49ml 並調整反應 pH=2 (模擬人體胃部環境)。待其冷卻後，加入 1ml 或 1g 欲檢測物，在 37°C 混搖反應 15 分鐘。而後稀釋至 500ml，依前述 AOAC 之方法測量亞硝酸鹽濃度。

伍、 研究結果

一、 檢測常見醃製肉類食物中亞硝酸鹽的含量

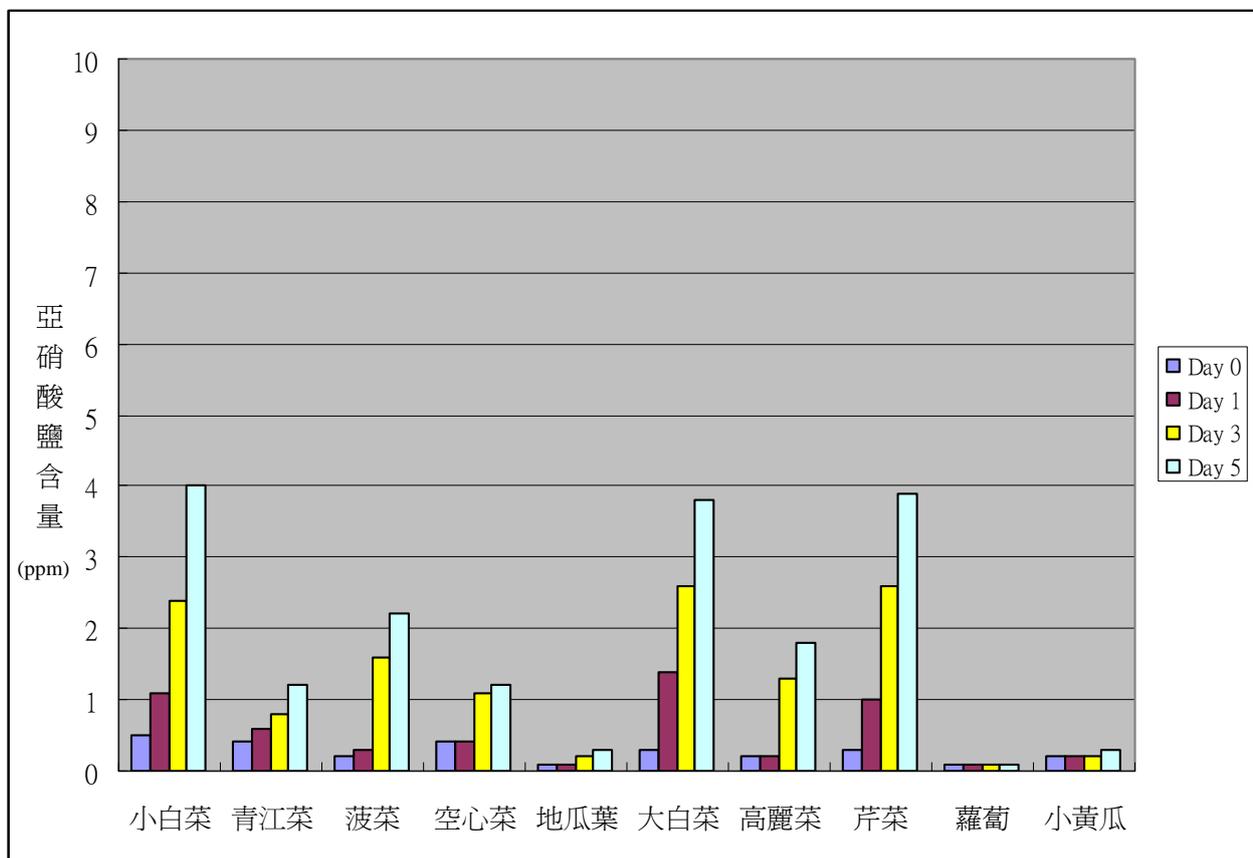
在這組實驗當中，我們檢測一般家樂福、好市多、全聯等等大賣場的盒裝原味香腸(滿漢、黑橋牌、台畜、家樂福、新東陽)以及傳統市場的散裝香腸、臘腸。依照 AOAC 之標準方法測定每公斤肉品所含的亞硝酸鹽。發現在賣場之盒裝香腸（圖一第 2~6 組），其亞硝酸鹽含量普遍都低於標準含量（70ppm）甚多，而以家樂福牌原味香腸的亞硝酸鹽含量（40ppm）稍高於其他品牌。而傳統市場之散裝香腸（圖一第 7~11 組），普遍亞硝酸鹽含量都稍高於大賣場的盒裝香腸，但也大都在標準含量之內，5 件中有 1 件樣品是略為超量（73ppm）。而散裝臘腸（圖一第 12~16 組）之亞硝酸鹽含量更高於盒裝或散裝香腸，5 件有 3 件在標準含量邊緣，有 2 件過量甚多(107ppm 與 132ppm)。



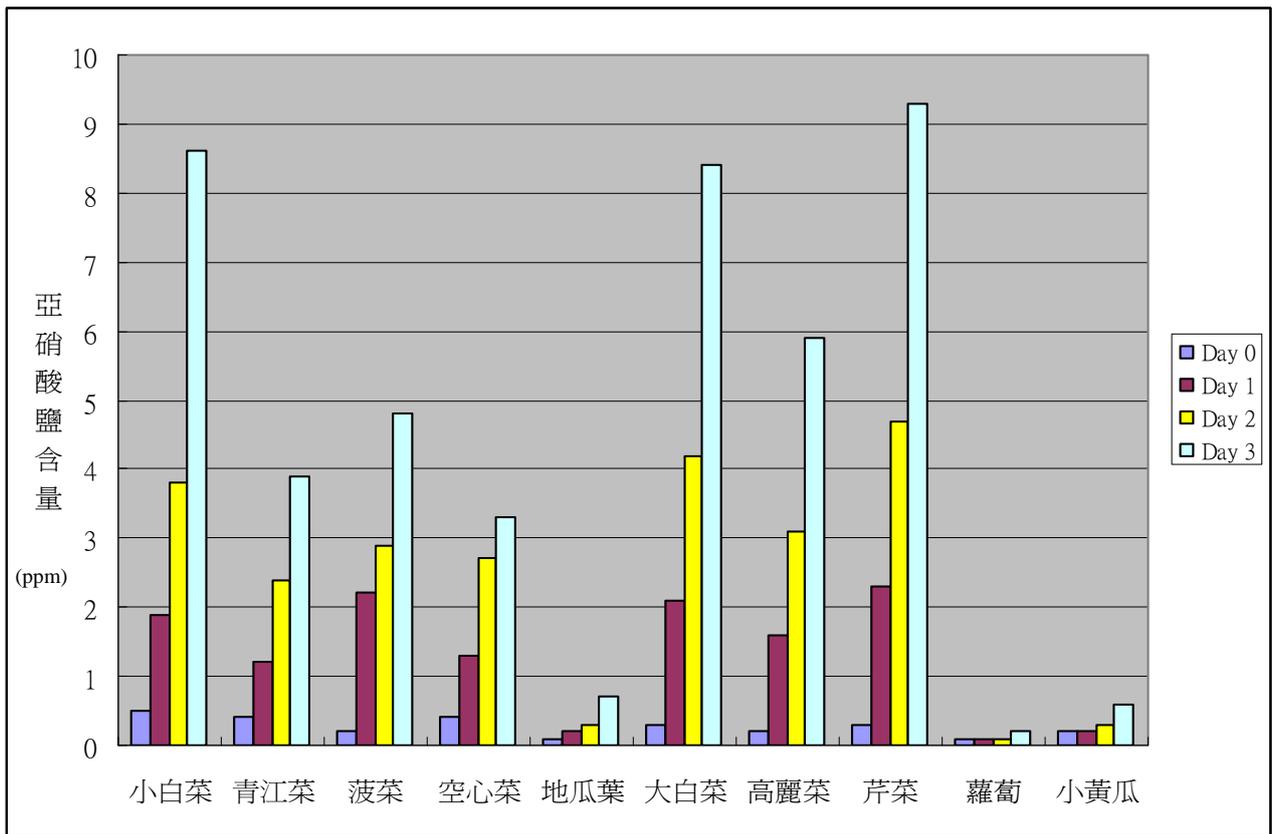
圖一、醃製肉類食物中亞硝酸鹽的含量

二、檢測與探討蔬菜放置時間與亞硝酸鹽含量之關係

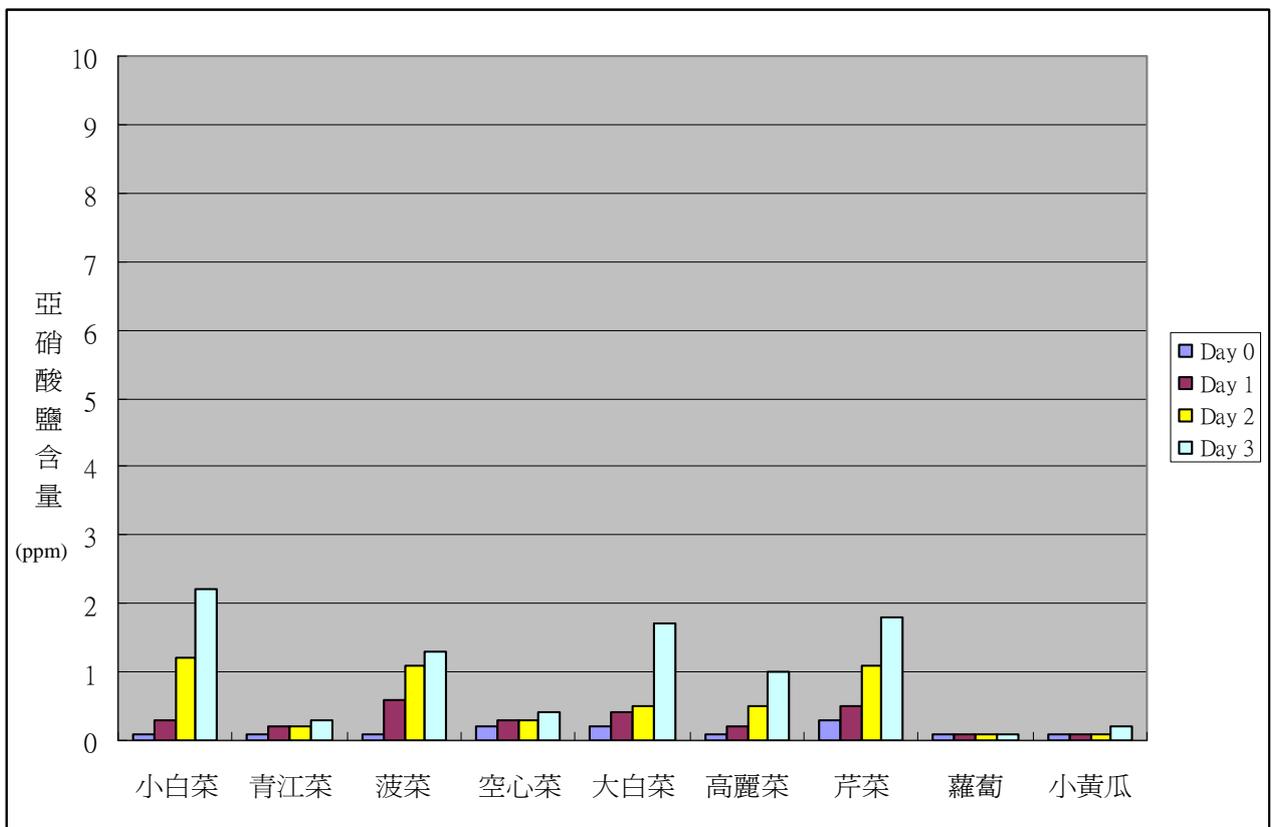
爲了瞭解一般蔬菜之亞硝酸鹽含量，我們從傳統市場選購 10 樣蔬菜(小白菜、青江菜、菠菜、空心菜、地瓜葉、大白菜、高麗菜、芹菜、蘿蔔與小黃瓜)，在不同存放方式的不同時間(冷藏 4°C 1~5 天或室溫 24°C 1~3 天)期間，依前述 AOAC 之標準方式檢測亞硝酸鹽含量。發現剛買回來的新鮮蔬菜其亞硝酸鹽含量均極低(小於 1ppm)；而冷藏方式保存期間，除了地瓜葉、蘿蔔與小黃瓜以外，其餘組別之亞硝酸鹽含量均有明顯上升，而以小白菜的 4.0ppm 上升最多(如圖二所示)。在室溫保存期間，10 組亞硝酸鹽含量均有上升，其中以蘿蔔上升最少，而以芹菜的 9.3ppm 上升最多(如圖三所示)。此外，我們也另外選買大賣場裡的有機蔬菜(品牌爲「純綠」之小白菜、青江菜、菠菜、空心菜、大白菜、高麗菜、芹菜、小黃瓜、蘿蔔，但是並沒有找到有機地瓜葉)做進一步的探討。結果顯示機蔬菜放置於室溫下，其亞硝酸鹽的增加量皆較同種之一般蔬菜來的少(如圖四所示)。



圖二、冷藏方式保存期間，一般蔬菜內亞硝酸鹽的含量



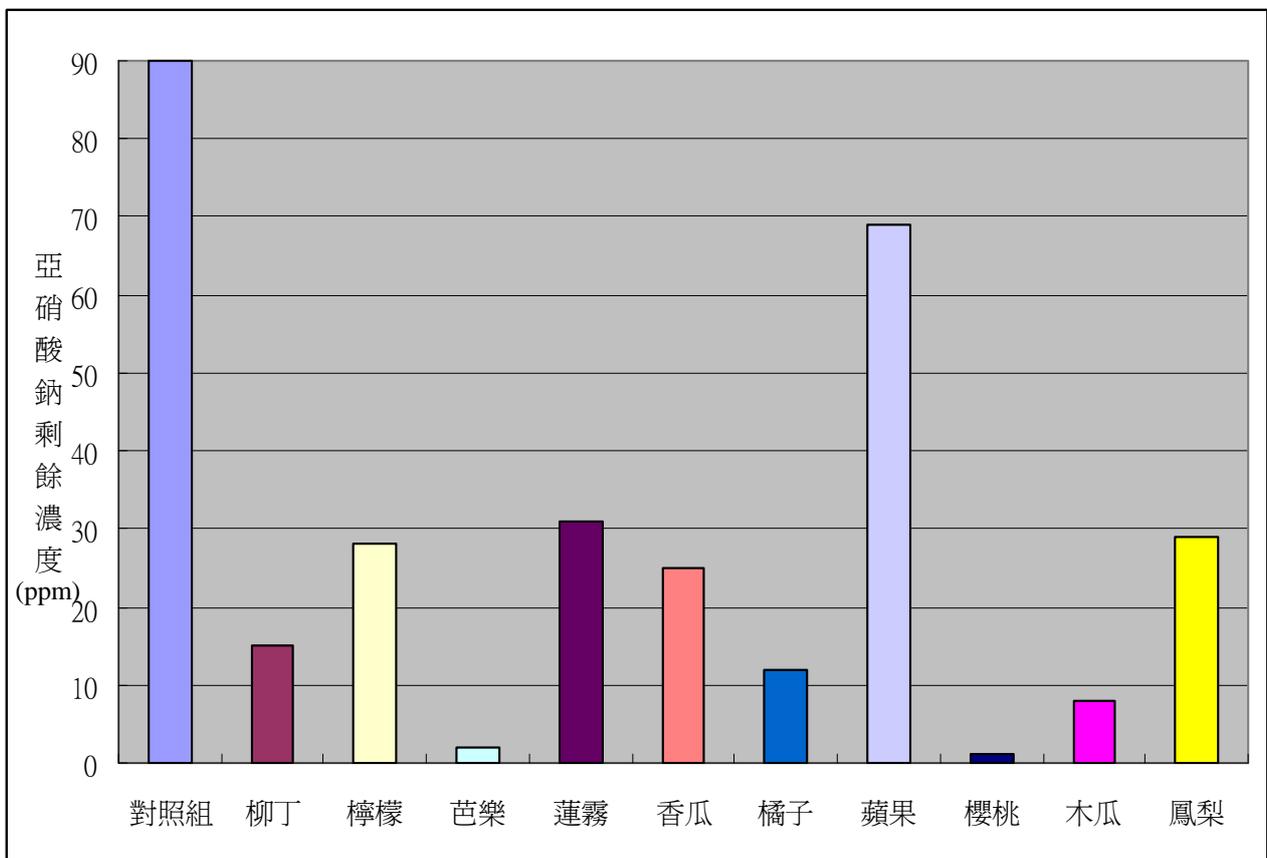
圖三、室溫保存期間，一般蔬菜內亞硝酸鹽的含量



圖四、室溫保存期間，有機蔬菜內亞硝酸鹽的含量

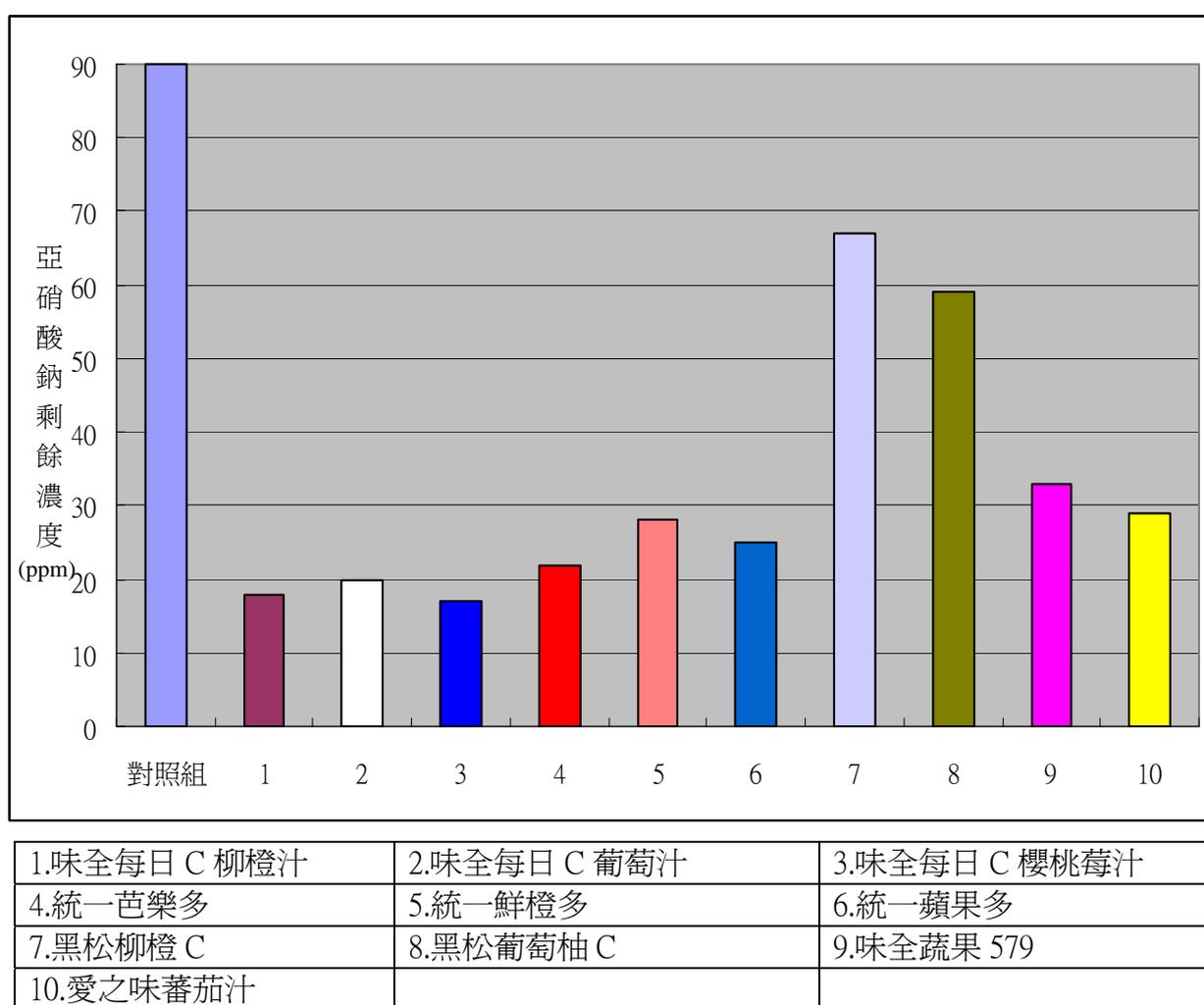
三、檢測與探討不同果汁對於亞硝酸鹽的清除能力

因為水果富含多樣維他命與有機酸，這些都是亞硝酸鹽的剋星。但是每種水果所含的成分不一，究竟我們日常生活中的哪些水果對亞硝酸鹽有比較好的清除效果呢？為了解決這問題，我們選用 10 種時令水果(柳丁、檸檬、芭樂、蓮霧、香瓜、橘子、蘋果、櫻桃、木瓜、鳳梨)，研磨後各取 1ml(對照組則是加水 1ml)加入 9ml 的亞硝酸鈉水溶液 (100ppm)中混搖 10 分鐘，而後吸取上清液並以檢測試劑做呈色反應，再以分光光度計測量 540nm 的吸光值以推算剩餘濃度。發現櫻桃與芭樂清除亞硝酸鈉的能力是最強的，而依序是木瓜、橘子、柳丁、香瓜、檸檬、鳳梨、蓮霧、蘋果。(如圖五所示)



圖五、不同水果對於亞硝酸鹽之清除能力比較

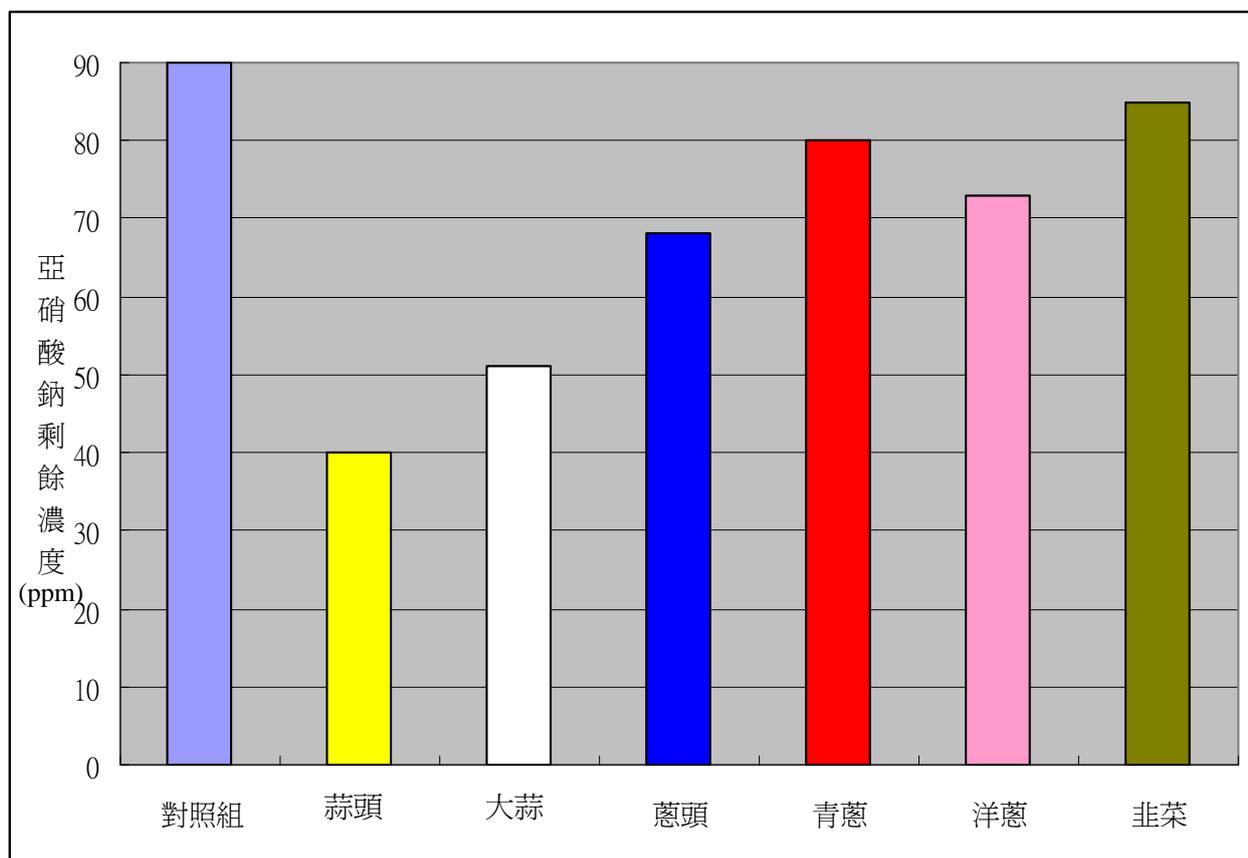
基於日常生活便利性的考量，我們決定針對市售之常見罐裝鮮果汁與蔬果汁（味全每日 C 柳橙汁、味全每日 C 葡萄汁、味全每日 C 櫻桃莓汁、統一芭樂多、統一蘋果多、統一鮮橙多、黑松柳橙 C、黑松葡萄柚 C、味全蔬果 579、愛之味蕃茄汁）做清除亞硝酸鹽能力之檢測。從市售罐裝果汁各取 1ml(對照組則是加水 1ml)並個別加入 9ml 的亞硝酸鈉水溶液（100ppm）中混搖 10 分鐘，而後吸取上清液並以檢測試劑做呈色反應，再以分光光度計測量 540nm 的吸光值以推算剩餘濃度。發現「味全每日 C」系列與「統一 XX 多」系列對於亞硝酸鈉之清除能力都頗具效果。雖不若現榨的芭樂與櫻桃那般強力，也都還有相近於現榨柳丁汁的清除能力。而黑松系列在清除亞硝酸鈉的能力方面則較為遜色。有趣的是，在現榨果汁當中，蘋果與芭樂汁之清除亞硝酸鈉能力是相當殊異的；但在市售罐裝鮮果汁當中，統一蘋果多與芭樂多在這方面的差異性是拉近了。事實上，同公司同系列的不同果汁在此都表現出一定程度的相似性。



圖六、市售常見罐裝果汁對於亞硝酸鈉之清除能力比較

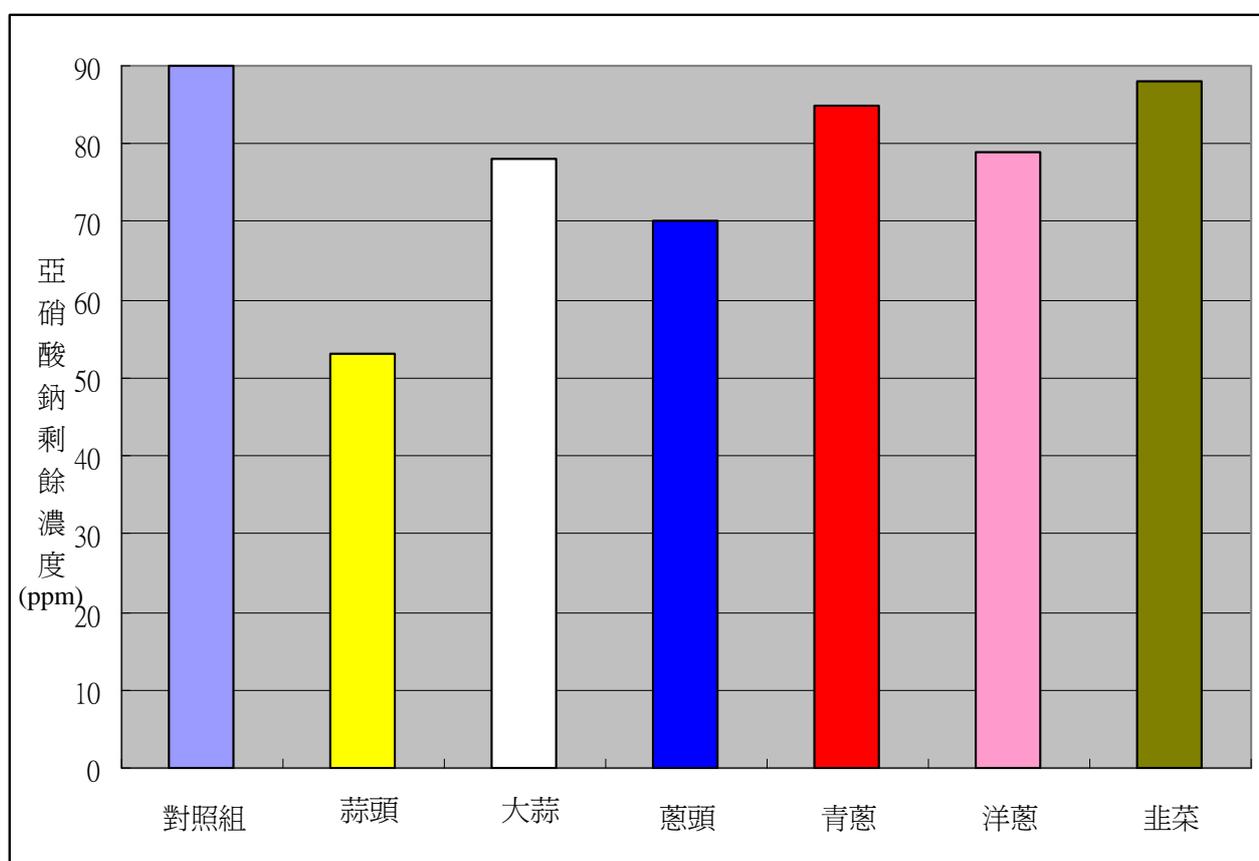
四、檢測與探討蔥蒜類對於亞硝酸鹽的清除能力

吃香腸或其他肉類醃製品時，蔥蒜是理所當然的最佳組合。但是究竟蔥蒜類對於亞硝酸鹽的清除能力為何呢？生吃與煮過之後又是怎樣的狀況呢？爲了進一步瞭解這些問題的答案，我們選用六種蔥蒜類（蒜頭、大蒜、蔥頭、青蔥、洋蔥、韭菜）的食材來進行實驗。首先在室溫下將各蔥蒜類研磨搗碎，並稱取 1g(對照組則是加水 1ml)加入 9ml 的亞硝酸鈉水溶液（100ppm)中混搖 10 分鐘，而後吸取上清液並以檢測試劑做呈色反應，再以分光光度計測量 540nm 的吸光值以推算剩餘濃度。發現以蒜頭的清除亞硝酸鈉能力最佳，其次是大蒜、蔥頭、洋蔥、青蔥與韭菜（如圖七）。但是，即便是最強力的蒜頭，清除亞硝酸鈉的能力還是較大多數的水果來的弱。



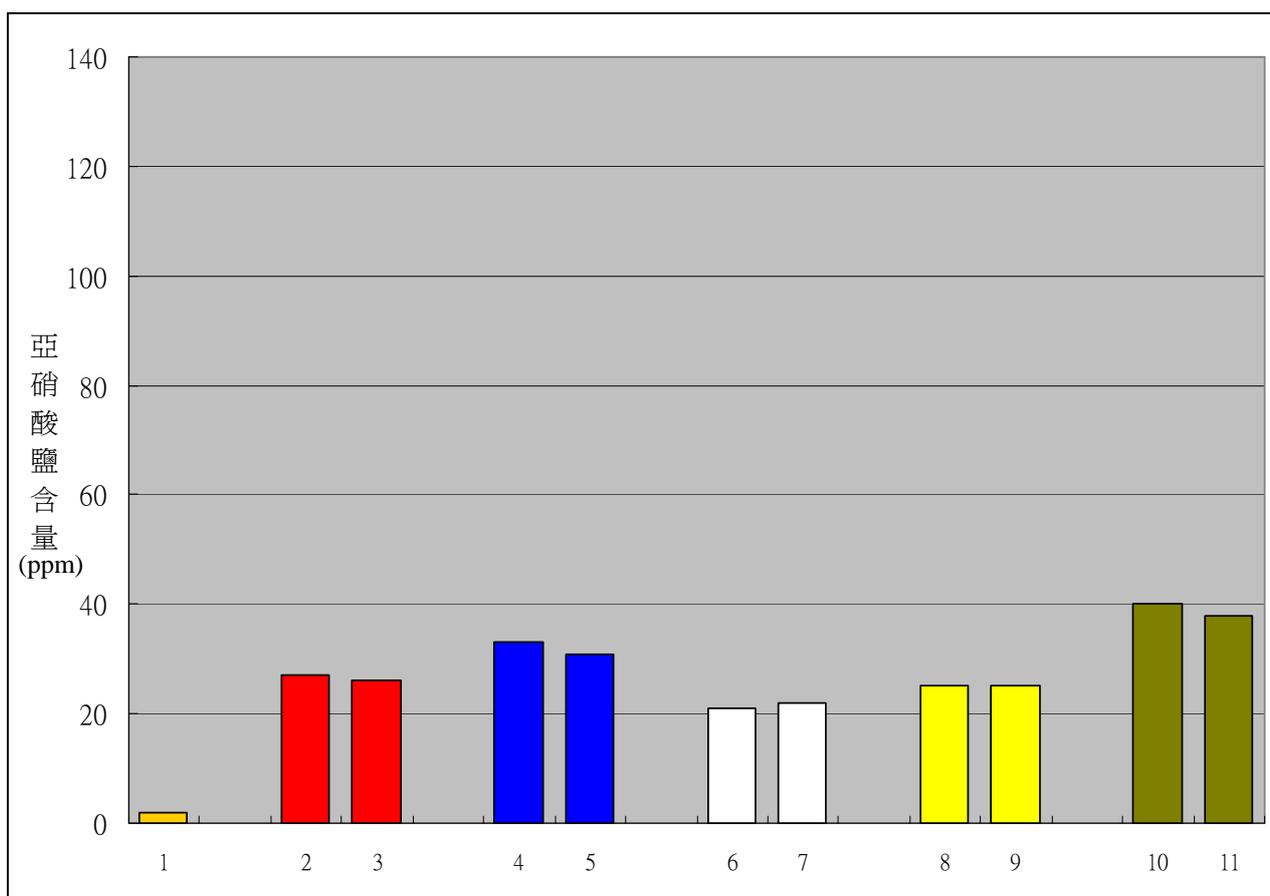
圖七、室溫下，蔥蒜類對於亞硝酸鈉的清除能力

爲了瞭解在烹調過程中，蔥蒜類對於亞硝酸鈉的清除能力會有怎樣的變化，我們將各蔥蒜類研磨並置於燒杯內，隔水（95℃）加熱 5 分鐘。並秤取 1g(對照組則是加水 1ml)加入 9ml 的亞硝酸鈉水溶液（100ppm)中混搖 10 分鐘，而後吸取上清液並以檢測試劑做呈色反應，再以分光光度計測量 540nm 的吸光值以推算剩餘濃度。結果顯示各組對於亞硝酸鈉的清除能力皆有下降，但降幅不一。蒜頭的清除亞硝酸鈉能仍是最佳，但是加熱後的大蒜卻是大大減少其清除亞硝酸鈉的能力。據此實驗，我們發現未發芽的蒜頭、蔥頭、洋蔥在加熱過後保有比較好的清除亞硝酸鈉效果。而加熱過的青蔥、大蒜與韭菜在加熱後對於亞硝酸鈉的清除效果相對有限。(如圖八)



圖八、加熱後，各蔥蒜類對於亞硝酸鈉的清除能力

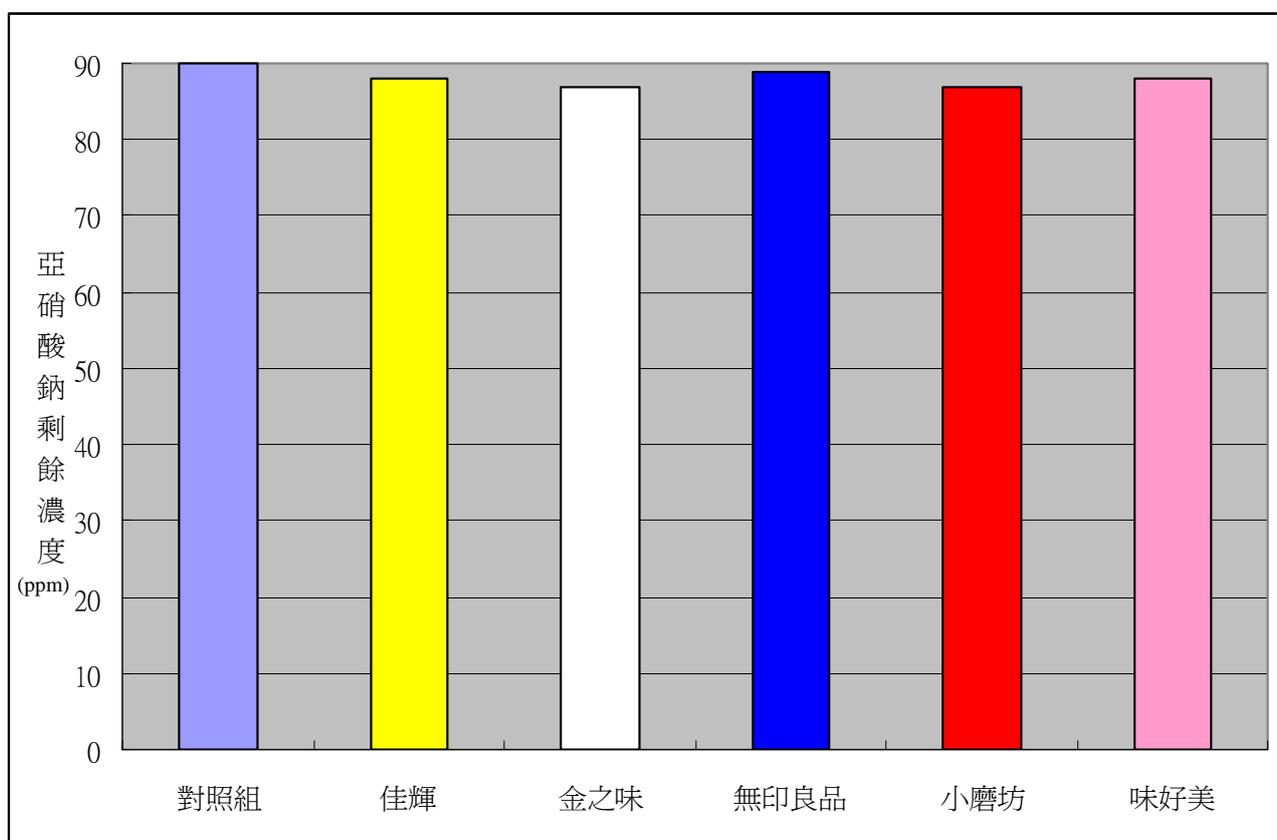
根據前項實驗，我們發現蒜頭對於亞硝酸鹽的清除作用頗具效果。這不禁讓我們聯想到市面上各大廠牌之盒裝香腸幾乎都會推出蒜香口味，而這些蒜味香腸內含的蒜頭成分是否可以讓香腸內的亞硝酸鹽含量降低呢？於是我們挑選圖一當中的品牌香腸(滿漢、黑橋牌、台畜、家樂福、新東陽)之蒜香口味，並且如前述之 AOAC 標準檢測方法，測定每公斤肉品所含的亞硝酸鹽。結果發現，各蒜香口味香腸裡的亞硝酸鹽含量並無明顯降低，且與同品牌原味香腸相近。顯然這裡添加的蒜香只能增強口味，但無法降低香腸內的亞硝酸鹽。



1.生豬肉	2.新東陽原味香腸	3.新東陽蒜味香腸
4.黑橋牌原味香腸	5.黑橋牌蒜味香腸	6.滿漢原味香腸
7.滿漢蒜味香腸	8.台畜原味香腸	9.台畜蒜味香腸
10.家樂福原味香腸	11.家樂福蒜味香腸	

圖九、各品牌蒜味香腸與原味香腸之亞硝酸鹽含量

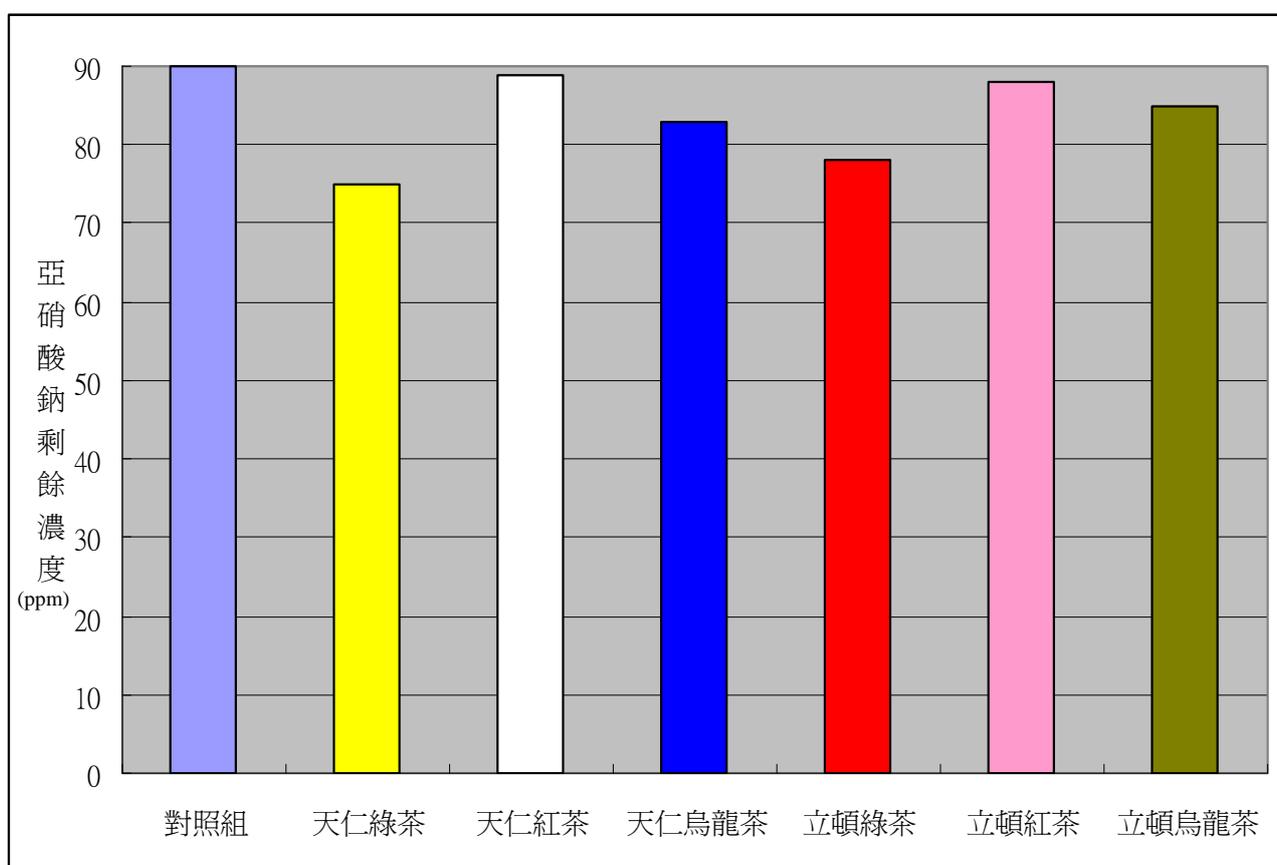
市面上不僅香腸有蒜香口味，就連餅乾、乾果類也都有。但是這些食品通常爲了製作方便與成本考量，通常都是使用由蒜頭煉製的「香蒜粉」做爲辛香原料。而究竟這些蒜頭製成的辛香原料是不是仍具有清除亞硝酸鹽的能力呢？從食品原料行裡，我們找到常用於烹調的五個品牌香蒜粉(佳輝、金之味、無印良品、味好美、小磨坊)加以實驗。秤取 1g 各品牌香蒜粉(對照組則是加水 1ml)，個別加入 9ml 的亞硝酸鈉水溶液 (100ppm)中混搖 10 分鐘，而後吸取上清液並以檢測試劑做呈色反應，再以分光光度計測量 540nm 的吸光值以推算剩餘濃度。發現各品牌香蒜粉對於亞硝酸鹽的清除能力都不明顯(如圖十)。顯然香蒜粉加工與保存的過程會導致新鮮蒜頭原有清除亞酸鹽能力喪失，若仔細比較新鮮蒜頭與香蒜粉之氣味也會發現有所不同。



圖十、各品牌香蒜粉對於亞硝酸鈉之清除能力

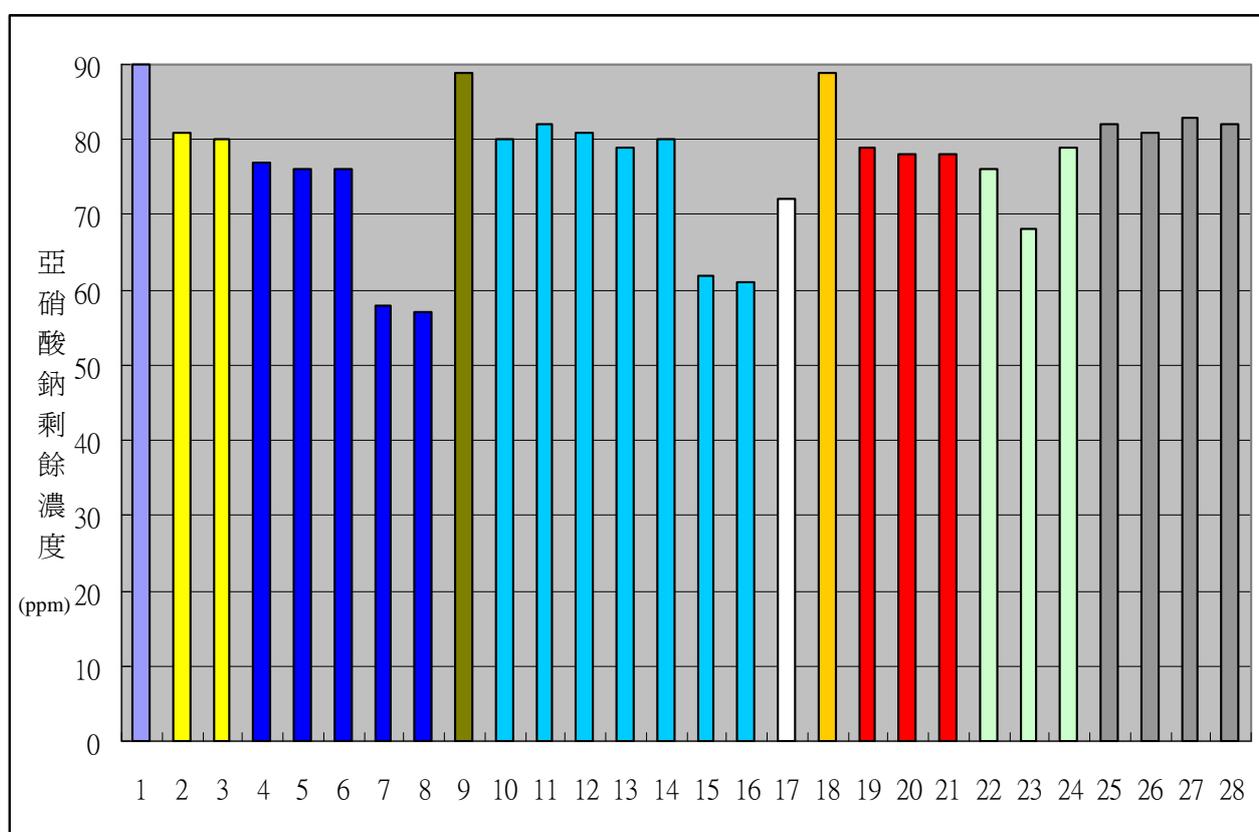
五、檢測與探討不同茶類對於亞硝酸鹽的清除能力

除了果汁以及蔥蒜類，我們也想知道另一類常被提及的抗癌候選人-「茶」-對於亞硝酸鹽的消除能力為何？因此我們選用市面上常見的天仁茶包（綠茶、紅茶、烏龍茶）、立頓茶包（綠茶、紅茶、烏龍茶）進行實驗。在室溫下將各類茶葉研磨搗碎，並秤取 1g(對照組則是加水 1ml)加入 9ml 的亞硝酸鈉水溶液（100ppm，預熱在 95°C)中 10 分鐘，冷卻而後吸取上清液並以檢測試劑做呈色反應，再以分光光度計測量 540nm 的吸光值以推算剩餘濃度。結果發現不論是天仁或是立頓茶包，都是綠茶才具有較明顯的亞硝酸鹽清除能力，而天仁綠茶的清除亞硝酸鹽效果又比立頓綠茶來的強（如圖十一）。以同質量(1g)的茶包茶葉與蒜頭比較起來，還是蒜頭對於亞硝酸鹽的清除效果較佳。



圖十一、市售茶包對於亞硝酸鈉的清除能力

便利商店裡的罐裝飲料皆有綠茶、烏龍茶與紅茶等口味的茶，讓我們非常方便選用。每件罐裝茶類商品都以健康為標榜，但是究竟這些便利的罐裝茶品是否對於亞硝酸鹽具有清除能力呢？為了解決這個疑問，我們挑選其中數件商品（光泉冷泡茶系列、統一茶裡王系列、生活綠茶、維他露御茶園系列與每朝健康系列、維士比古道綠茶、味全絕品好茶系列、愛之味油切系列以及悅氏油切系列）來做比較。從罐裝茶類各取 1ml(對照組則是加水 1ml)並個別加入 9ml 的亞硝酸鈉水溶液（100ppm），而後吸取上清液並以檢測試劑做呈色反應，再以分光光度計測量 540nm 的吸光值以推算剩餘濃度。基於前項實驗結果，我們排除了紅茶類而只針對綠茶、烏龍或高山茶等未全發酵的種類來做比較。結果發現在諸多商品中，以統一茶裡王系列的靜岡玉露茶與阿里山烏龍茶（見圖十一之第 7、8 組）的效果最佳，維他露每朝健康系列的黑烏龍與綠茶(第 15、16 組)為其次，愛之味的兒茶素健康茶(第 23 組)排名第三，立頓的烏龍綠茶排名第四。而統一茶裡王系列的其他平均表現較好，古道綠茶與生活泡沫綠茶幾乎沒有效果。



1.對照組	2.光泉冷泡茶-冰釀烏龍	3.光泉冷泡茶-冷萃綠茶	4.統一茶裡王-清心烏龍
5.統一茶裡王-白毫烏龍	6.統一茶裡王-日式綠茶	7.統一茶裡王-靜岡玉露	8.統一茶裡王-阿里山烏龍
9.生活泡沫綠茶	10.御茶園-日式綠茶	11.御茶園-台灣烏龍	12.御茶園-冷山烏龍
13.御茶園-深焙烏龍	14.御茶園-金萱綠茶	15.每朝健康-黑烏龍	16.每朝健康-綠茶
17.立頓-烏龍綠茶	18.古道綠茶	19.味全-大禹嶺高山茶	20.味全-阿里山高山茶
21.味全-百年鑑賞茶	22.愛之味-油切綠茶	23.愛之味-兒茶素綠茶	24.愛之味-日式綠茶
25.悅氏-黃金烏龍茶	26.悅氏-日式綠茶	27.悅氏-油切綠茶	28.悅氏-油切烏龍茶

圖十二、市售罐裝茶類對於亞硝酸鈉的清除能力(同色代表同公司之產品)

六、亞硝酸鹽之最佳剋星的實際應用與探討-溫度的影響

(一) 由檢測試市售盒裝香腸的亞硝酸鹽含量結果，我們以最高亞硝酸鹽濃度之家樂福牌香腸推算，發現每條香腸（平均約 45g）當中約含有 1.8mg 的亞硝酸鹽。推算方式如下：

$$40(\text{亞硝酸鹽濃度, ppm}) \times 0.045 (\text{香腸平均質量, kg}) = 1.8\text{mg} (\text{每條香腸所含的亞硝酸鹽含量})$$

(二) 蔬菜類，我們以最高亞硝酸鹽含量的白菜（室溫保存 3 日）做計算，並參考衛生署建議成人一日基本攝取蔬菜量（300g）。以此量計算一日可能攝入的亞硝酸鹽約為 2.4mg。比吃一條香腸還多。推算方式如下：

$$8 (\text{亞硝酸鹽濃度, ppm}) \times 0.3 (\text{一日基本蔬菜攝取量, kg}) = 2.4\text{mg} (\text{一日攝入之亞硝酸鹽質量})$$

(三) 依照我們之前實驗的結果，可以得知現榨果汁當中的第一名是芭樂汁。每 1ml 的芭樂汁可以消除 0.88mg 的亞硝酸鈉。換算方式如下：

$$100 (\text{亞硝酸鈉濃度, ppm}) \times 0.009 (\text{溶液體積, L}) = 0.9\text{mg} (\text{未反應前亞硝酸鈉的質量})$$

$$0.9 \times \frac{2 (\text{剩餘的亞硝酸鈉濃度})}{90 (\text{原本的亞硝酸鈉濃度})} = 0.02\text{mg} (\text{反應後剩餘的亞硝酸鈉質量})$$

$$0.9 - 0.02 = 0.88\text{mg} (\text{反應中消耗的亞硝酸鈉質量})$$

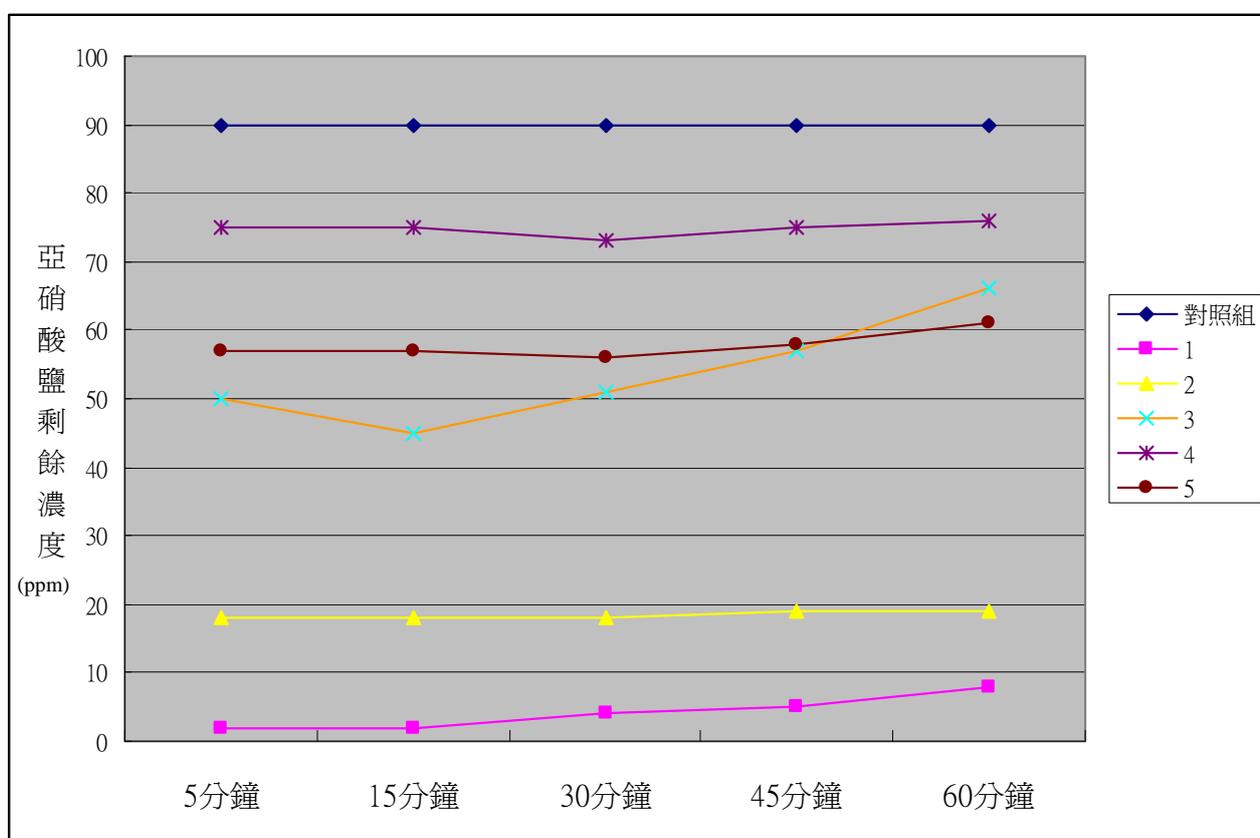
同理，我們可以推得其他檢測項目之亞硝酸鈉的去除能力。我們將各組中亞硝酸鹽去除能力最佳的項目列表如下：

實驗組別	最佳亞硝酸鈉清除能力項目	消除亞硝酸鈉的能力
現榨果汁	芭樂汁	0.88 mg/ml
罐裝果汁	味全每日 C 櫻桃莓汁	0.72 mg/ml
蔥蒜類	新鮮蒜頭	0.4 mg/g
茶葉類-茶包	天仁綠茶茶包	0.15 mg/g
茶葉類-罐裝飲料	統一茶裡王-阿里山烏龍	0.33 mg/ml

表一、最佳亞硝酸鈉清除能力項目

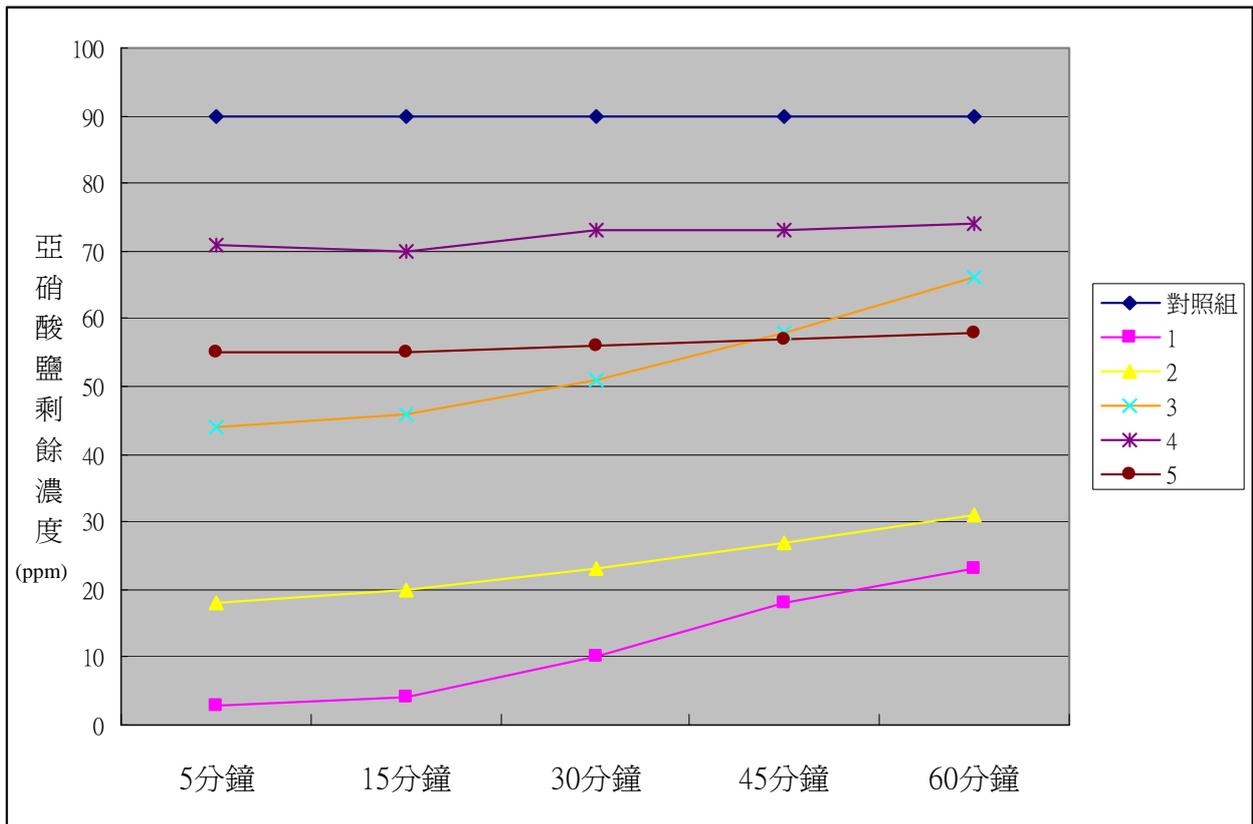
根據此表推算，我們發現若食用一條盒裝標準香腸要喝 2.05ml 的現榨芭樂汁、2.5ml 的味全每日 C、3.16ml 的統一阿里山烏龍茶等其中之一，即可消除當中的亞硝酸鹽。若是要搭配蒜頭的話，一條香腸大概需要 4.5g 的新鮮蒜頭（約 2 大瓣）才能達成消除亞硝酸鹽之目的。以實際應用的層面來說，應該還是喝果汁效果最好。

爲了進一步探討從前面各組最佳代表受溫度與酸鹼值的影響是怎麼樣的變化？於是我們做不同的加熱時間與溫度對於上述物質之清除亞硝酸鹽能力的探討。在秤取 1g（或 1ml）的欲檢測樣品後，先用不同的溫度與時間作處理，再加入 9ml 的亞硝酸鈉水溶液（100ppm），而後吸取上清液並以檢測試劑做呈色反應，再以分光光度計測量 540nm 的吸光值以推算剩餘濃度（結果如圖十三、十四、十五所示）。我們發現隨著溫度的上升，現榨芭樂汁、每日 C 櫻桃莓汁與蒜頭對於亞硝酸鹽的清除能力隨著下降，因而剩餘的亞硝酸鈉濃度上升；但是天仁綠茶茶包與統一阿里山烏龍茶相對較不受溫度的影響。但在室溫 25°C 下，搗碎的蒜頭放置 15 分鐘後卻是有比較好的亞硝酸鹽清除能力。天仁綠茶茶包在 95°C 的高溫浸泡 5 分鐘後再與亞硝酸鈉溶液混合效果也更佳。

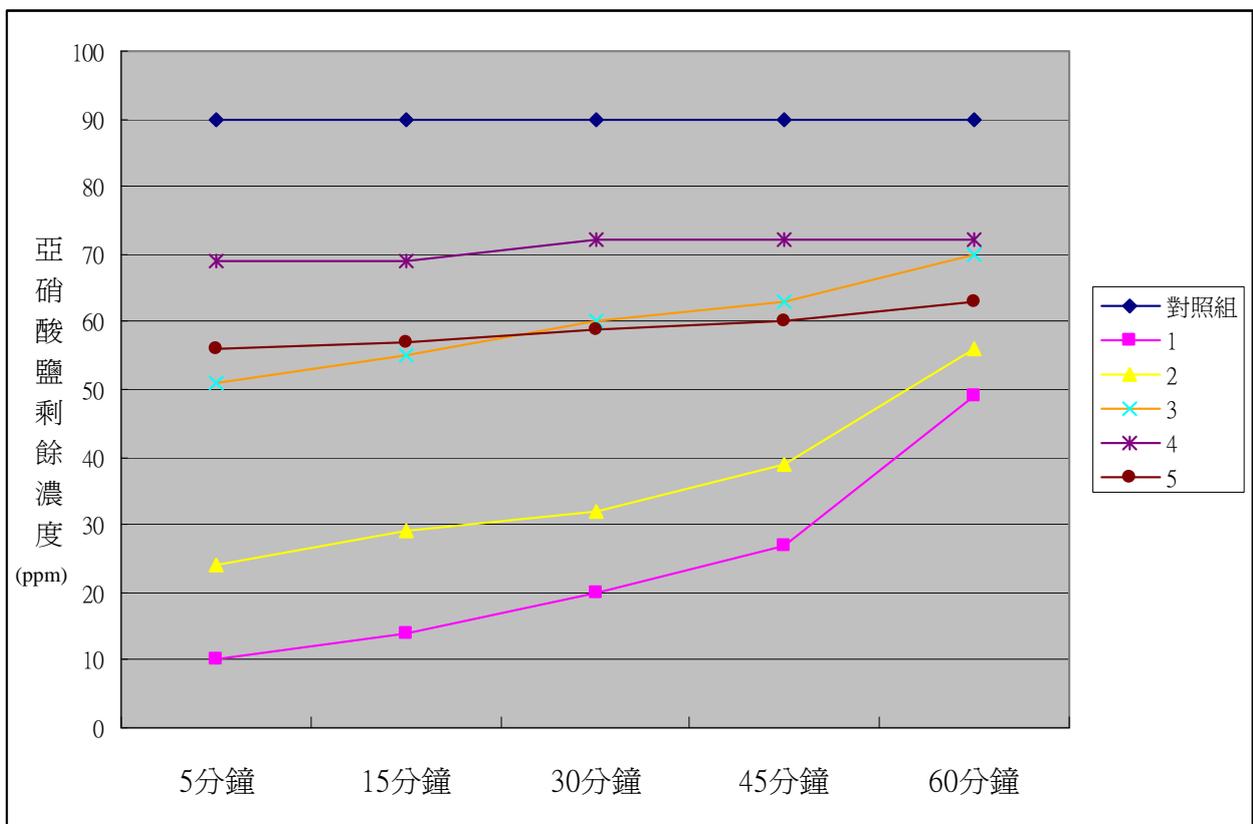


1.現榨芭樂汁	2.味全每日 C 櫻桃莓汁
3.新鮮蒜頭	4.天仁綠茶茶包
5.統一茶裡王-阿里山烏龍茶	

圖十三、25°C 時，不同時間點各物質對於亞硝酸鹽清除能力之變化



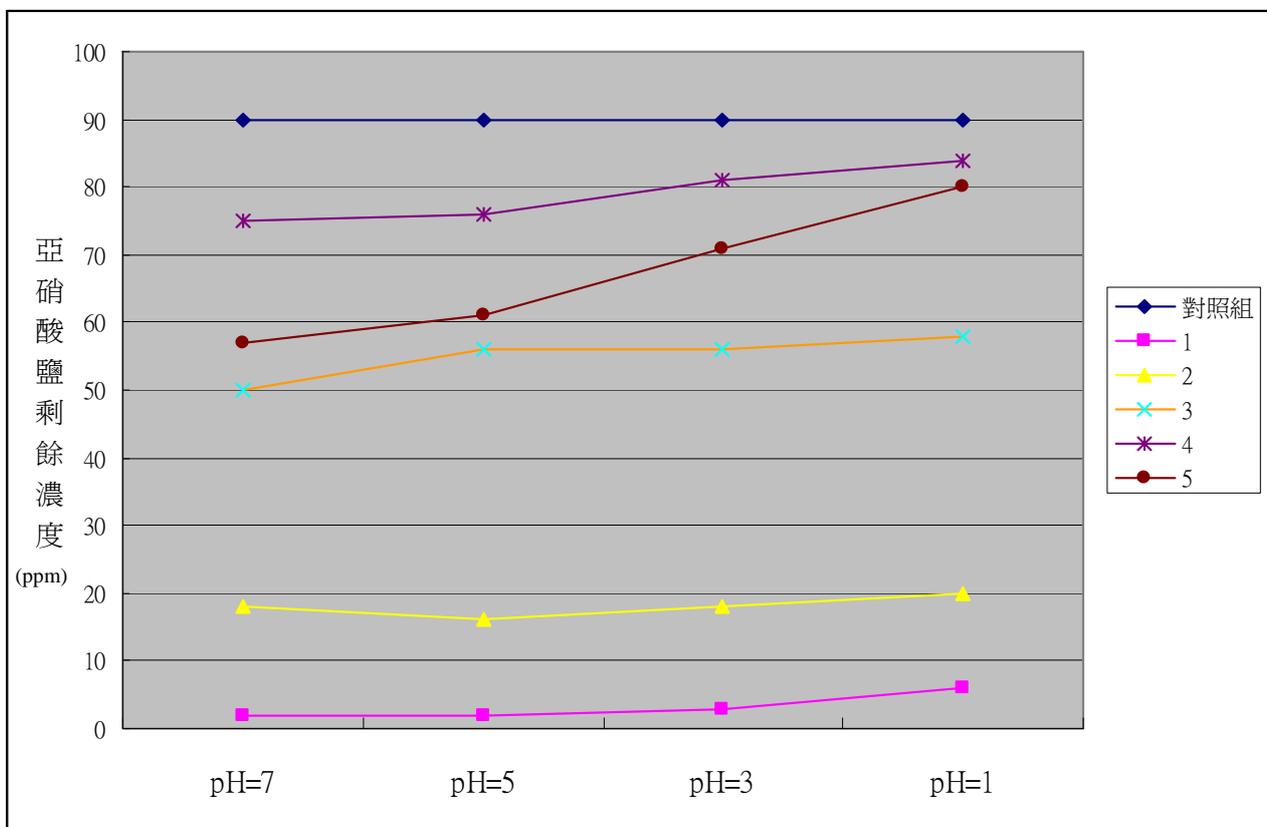
圖十四、37°C時，不同時間點各物質對於亞硝酸鹽清除能力之變化(組別代號請見圖十一)



圖十五、95°C時，不同時間點各物質對於亞硝酸鹽清除能力之變化 (組別代號請見圖十一)

七、亞硝酸鹽之最佳剋星的實際應用與探討-酸鹼度的影響

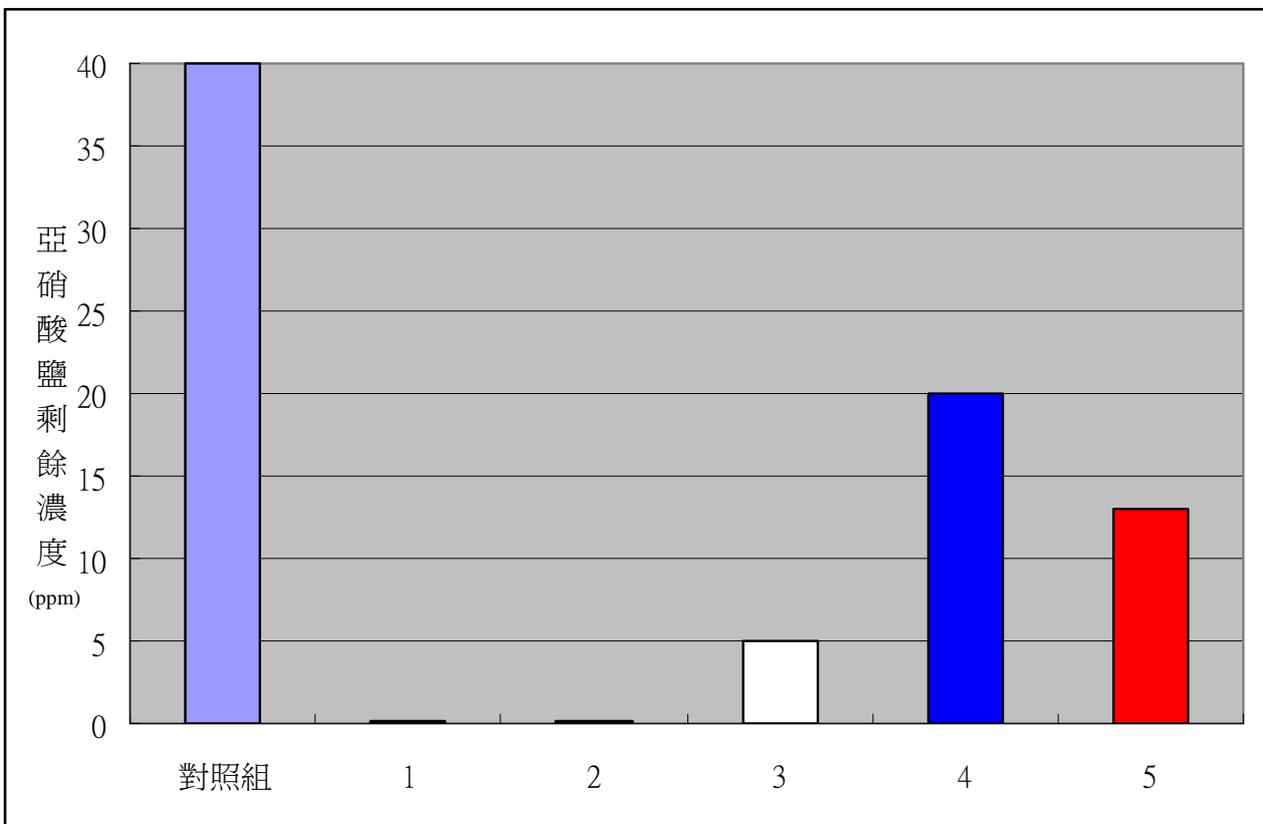
除了溫度之外，我們也想瞭解在不同酸鹼度下，這些物質對於清除亞硝酸鹽能力的變化。畢竟在真實狀況中，這些物質進到身體後勢必面臨胃酸的考驗。而究竟在酸化的環境中，這些物質的清除能力是會怎樣變化也是一個有趣的問題。所以我們秤取 1g（或 1ml）的欲檢測樣品後，再加入 9ml 不同酸鹼度的亞硝酸鈉水溶液（100ppm），而後吸取上清液並以檢測試劑做呈色反應，再以分光光度計測量 540nm 的吸光值以推算剩餘濃度。發現在室溫下，隨著 pH 值的降低，現榨芭樂汁、每日 C 櫻桃莓汁與蒜頭並未受到明顯的影響；但天仁綠茶茶包與統一阿里山烏龍茶則是在 pH=5 以下的環境，快速的降低對亞硝酸鈉的清除能力。



1.現榨芭樂汁	2.味全每日 C 櫻桃莓汁
3.新鮮蒜頭	4.天仁綠茶茶包
5.統一茶裡王-阿里山烏龍茶	

圖十六、室溫下，在酸化環境中各物質對於亞硝酸鹽清除能力之變化

根據表一的實驗結果推算，一小杯現榨芭樂汁（250ml）即可消除 122 條佳樂福牌香腸的亞硝酸鹽！而一罐保特瓶裝的統一阿里山烏龍茶（600ml）也可以消除 110 條同品牌香腸的亞硝酸鹽！真的是如此嗎？我們考慮到香腸或小白菜的組成分子十分多樣、複雜，這些其他的成分會不會干擾上述物質對於亞硝酸鹽的清除能力？而溫度與酸鹼度影響的程度會是如何呢？我們秤取 5g 香腸均質化，加水 40ml 並於沸水震盪 1 小時，而後定量在 49ml 並調整反應 pH=2（模擬人體胃部環境）。待其冷卻後，加入 1ml 或 1g 欲檢測的果汁或大蒜等物，在 37°C 混搖反應 15 分鐘。而後稀釋至 500ml，依前述 AOAC 之方法測量亞硝酸鹽濃度。而後吸取上清液以分光光度計分析並推算剩餘濃度。發現在模擬人體胃部環境時，芭樂汁還是擁有最佳亞硝酸鹽的清除能力，1ml 現榨芭樂汁幾乎完全消除 5g 佳樂福香腸所含的亞硝酸鹽（0.18mg）其次依序是統一每日 C 黑櫻桃莓汁、蒜頭、統一阿里山烏龍茶以及天仁綠茶茶包。



1.現榨芭樂汁	2.味全每日 C 櫻桃莓汁
3.新鮮蒜頭	4.天仁綠茶茶包
5.統一茶裡王-阿里山烏龍茶	

圖十七、模擬人體胃部環境，各物質對於香腸萃取液所含亞硝酸鹽的清除能力

依其上述模擬人體環境的實驗結果，推算此些項目之亞硝酸鈉去除能力，我們將各組中對於香腸萃取液之亞硝酸鹽去除能力列表如表二。以現榨芭樂汁為例，1m 現榨芭樂汁在香腸萃取液，幾乎完全消除 0.18mg 的亞硝酸鹽（5g 家樂福牌香腸含量）。一小杯 250ml 現榨芭樂汁理當可以消除 45mg 之亞硝酸鹽，等同於 25 條家樂福牌香腸含量（以前述之每條香腸含 1.8mg 亞硝酸鹽做計算）。而一罐保特瓶裝的統一阿里山烏龍茶 600ml，理當可以消除 72mg 的亞硝酸鹽，等同於 40 條家樂福牌香腸含量，較之前使用亞硝酸鈉溶液做測試時少。除了果汁類，其他組別（新鮮蒜頭、天仁綠茶茶包、阿里山烏龍茶）在模擬人體胃部環境中，對於香腸萃取液的亞硝酸鹽清除能力都減少許多。

實驗組別	最佳亞硝酸鈉清除能力項目	消除亞硝酸鈉的能力	剩餘能力百分比
現榨果汁	芭樂汁	>0.18 mg/ml	---
罐裝果汁	味全每日 C 櫻桃莓汁	>0.18 mg/ml	---
蔥蒜類	新鮮蒜頭	0.15 mg/g	37.5%
茶葉類-茶包	天仁綠茶茶包	0.09 mg/g	60 %
茶葉類-罐裝飲料	統一茶裡王-阿里山烏龍	0.12 mg/ml	36.3%

表二、模擬胃部環境，各物質對香腸萃取一之亞硝酸鹽去除能力

陸、討論

一、蔬菜中的亞硝酸鹽

癌症一直是十大死因之一，衛生署公布最新的統計數字，每 7 分 10 秒，就有一人得癌症，而國人罹患結直腸癌的人數，已經超過肝癌，突破萬人，這顯示國人的飲食習慣不正確而導致增加罹癌風險。這最可能的原因就是現在人飲食中含有許多致癌因子。台中榮民總醫院大腸直腸外科主任王輝明則舉出，像是環境中的污染，戴奧辛、致癌抗生素的硝基代謝物、塑膠溶出的PVC以及各種食物中的添加劑等，人體長期接觸或吞下肚累積，勢必增加罹患腸癌的風險。而這當中，惡名昭彰的亞硝酸鹽則是最廣為人知的致癌劑前驅物之一。過去我們以為亞硝酸鹽只是在香腸等醃製類肉品當中，隨著這份實驗的進行與文獻的追索，才知道醃製類蔬菜（如泡菜、雪菜等等）與火鍋湯底都有它的足跡。甚至是蔬菜或是藥材裡，也有亞硝酸鹽的存在。台中榮總曾有一病例是因為患者服用青草茶而導致急性亞硝酸鹽中毒，必須馬上打解毒劑。檢驗致病的青草茶，發現亞硝酸含量高達 4700ppm。但請家屬送驗剛採摘的青草藥材，卻發現其亞硝酸鹽含量只有 10ppm。原來是該患者採此青草藥材之後並未立刻熬煮，放置近十天後亞硝酸含量卻升高近五百倍，這是因為細菌分解藥草中的氮肥導致其亞硝酸含量大量上升（自由時報 2008/01/04）。

在我們的實驗中也發現蔬菜的保存時間拉長確實會造成蔬菜內亞硝酸鹽含量的增加。而冷藏方式保存期間，除了地瓜葉、蘿蔔與小黃瓜以外，其餘組別之亞硝酸鹽含量均有明顯上升，而以小白菜的上升最多。在室溫保存期間，各組蔬菜的亞硝酸鹽含量均有上升，其中以蘿蔔上升最少，仍以小白菜的上升最多。此外，我們也另外選買大賣場裡的有機蔬菜(品牌為「純綠」)做進一步的探討。結果顯示有機蔬菜放置於室溫下，其亞硝酸鹽的增加量皆較同種之一般蔬菜來的少。推測其原因，可能是因為小白菜、青江菜、菠菜、空心菜、大白菜、高麗菜與芹菜等生長快速，導致過量施用氮肥來促進生長的機會大增。根據文獻指出，其內因施肥而累積硝酸鹽濃度動輒 2000ppm 以上。這些原本對人體較無害的硝酸鹽，卻會隨著蔬菜的存放時間拉長而在被細菌轉換成危害較大的亞硝酸鹽。這些富含硝酸鹽的速成蔬菜進到腸道之後，也容易被腸道內的細菌還原成亞硝酸鹽，進而在體內與胺類結合成亞硝胺。我們曾經都以為蔬菜吃越多越好，但是真的是隨便吃都好嗎？如果不想吃進這些有害物質，那麼顯然要花點心思在蔬菜的挑選以及保存的方面了。

地瓜葉生長雖迅速，但由於地瓜本身養分充足，所以通常不需要施以重肥來促進生長。蘿蔔與小黃瓜相對生長較慢，即便施於過量氮肥亦難提升太多生長速率。為了探討這個答案的可能性，我們探索文獻也發現瓜類蔬菜與球莖類蔬菜通常硝酸鹽含量都普遍比葉菜類蔬菜低。政府認證品牌之有機蔬菜類栽植蔬菜過程中相對重視使用有機肥而非化學肥類，如此可避免植物因被給於過量化學氮肥而累積過多硝酸鹽。根據這項實驗結果，我們知道如果要減少蔬菜中亞硝酸鹽的威脅，家裡選買菜類時，要盡量買價格合宜的有機蔬菜且冷藏、儘早食用；如果是在外吃東西，選擇蔬菜盡量選擇瓜類或是球莖類蔬菜食用。

二、醃製肉品中的亞硝酸鹽

許多人都知道吃香腸盡量不要搭配養樂多等乳酸飲料，怕的就是亞硝酸鹽因酵素作用增加而在體內轉換成致癌的亞硝酸鹽。那麼究竟我們吃香腸的過程中吃進了多少的亞硝酸鹽呢？我們檢測一般家樂福、好市多、全聯等等大賣場的盒裝原味香腸(滿漢、黑橋牌、台畜、家樂福、新東陽)以及傳統市場的散裝香腸、臘腸。依照 AOAC 之標準方法測定各種香腸與臘腸所含的亞硝酸鹽。發現在賣場之盒裝香腸其亞硝酸鹽含量普遍都低於標準含量(70ppm)甚多，而以家樂福牌原味香腸的亞硝酸鹽含量(40ppm)稍高於其他品牌。而傳統市場之散裝香腸所含亞硝酸鹽都稍高於大賣場的盒裝香腸，但也大都在標準含量之內，5 件中有 1 件樣品是略為超量(73ppm)。而散裝臘腸之亞硝酸鹽含量更高於盒裝或散裝香腸，5 件有 3 件在標準含量邊緣，有 2 件過量甚多。

推測其可能原因是與保存方式有關，傳統肉品市場的香腸不若品牌盒裝香腸有冷藏與盒裝保存，暴露在空氣中與濕熱的市場環境容易導致這些散裝香腸或是臘腸腐敗，爲了避免此情形只好多添加亞硝酸鹽來增加香腸的保存性。所以這些散裝香腸與臘腸的亞硝酸鹽含量普遍都比較高。再者，我們尋問幾個肉品攤販這些添加劑的使用，普遍都有大約就好的錯誤觀念。加上考慮到添加不夠就會壞掉的憂慮，所以通常這些肉品攤販都會選擇比較高劑量的添加。這在臘肉製品中更可見一斑，原因是臘肉需要在常溫保存更久。另一個可能原因，我們從文獻中知道亞硝酸鹽的使用才能使醃肉容易出現所謂的「臘」味，所以製作者考量臘肉口味的表現都可能會添加高劑量之亞硝酸鹽。香噴噴的烤香腸、起司熱狗、火腿蛋土司與燒臘等等，要完全放棄不吃可真的是好困難。但是挑選有品牌與冷藏、盒裝的肉類醃製品是一個減少攝入過量亞硝酸鹽的可行之道，別貪了便宜而讓身體受害了。

三、水果與亞硝酸鹽

除了探討如何選擇亞硝酸鹽含量較少的食物之外，我們也進一步找尋食材中對於亞硝酸鹽具有消除能力者。首先登場的就是果汁類，因爲水果富含多樣維他命與有機酸，這些都是亞硝酸鹽的剋星。但是每種水果所含的成分不一，究竟我們日常生活中的哪些水果對亞硝酸鹽有比較好的清除效果呢？根據我們的實驗結果，發現櫻桃與芭樂清除亞硝酸鈉的能力是最強的，而依序是木瓜、橘子、柳丁、香瓜、檸檬、鳳梨、蓮霧、蘋果。又基於日常生活便利性的考量，我們針對市售之常見罐裝鮮果汁與蔬果汁(味全每日 C 柳橙汁、味全每日 C 葡萄汁、味全每日 C 櫻桃莓汁、統一芭樂多、統一蘋果多、統一鮮橙多、黑松柳橙 C、黑松葡萄柚 C、味全蔬果 579、愛之味蕃茄汁)做清除亞硝酸鹽能力之檢測。發現「味全每日 C」系列與「統一 XX 多」系列對於亞硝酸鈉之清除能力都頗具效果。雖不若現榨的芭樂與櫻桃那般強力，也都還有相近於現榨柳丁汁的清除能力。而黑松系列則較爲遜色。

有趣的是，在現榨果汁當中，蘋果與芭樂汁之清除亞硝酸鈉能力是相當殊異的；但在市售罐裝鮮果汁當中，統一蘋果多與芭樂多在這方面的差異性是拉近了。事實上，同公司同系

列的不同果汁在此都表現出一定程度的相似性。我們探索其可能原因就是在於--「維他命 C」！維他命 C 是最廣爲人之抗氧化劑之一，它可以有效的阻止亞硝酸與胺類結合成亞硝酸胺。而罐裝果汁的維他命 C 大多是添加而來，所以這額外添加的動作導致同公司的不同果汁確有類似的清除亞硝酸鹽效果。

四、蔥蒜類與亞硝酸鹽

蔥蒜類一直以來都被視爲對身體有益的食材，吃香腸配大蒜的美味可是一種令人愉悅的幸福。根據我們實驗，發現以蒜頭的清除亞硝酸鈉能力最佳，其次是大蒜、蔥頭、洋蔥、青蔥與韭菜。但是，即便是最強力的蒜頭，清除亞硝酸鈉的能力還是較大多數的水果來的弱。而未發芽的蒜頭、蔥頭、洋蔥在加熱過後相對保有比較好的清除亞硝酸鈉效果。而加熱過的青蔥、大蒜與韭菜在加熱後對於亞硝酸鈉的清除效果相對有限。至於蒜香口味香腸裡的亞硝酸鹽含量並無明顯降低，且與同品牌原味香腸相近。顯然這裡添加的蒜香只能增強口味，但無法降低香腸內的亞硝酸鹽。不僅香腸，就連餅乾、乾果類也都有蒜口味。但是這些食品通常爲了製作方便與成本考量，通常都是使用由蒜頭煉製的「香蒜粉」做爲辛香原料。實驗結果證實各品牌香蒜粉對於亞硝酸鹽的清除能力都不明顯。顯然香蒜粉加工與保存的過程會導致新鮮蒜頭原有清除亞硝酸鹽能力喪失，若仔細比較新鮮蒜頭與香蒜粉之氣味也會發現有所不同。

早在李時珍的本草綱目中就對大蒜記載：「其氣熏烈，能通五臟，達諸竅，去寒濕，辟邪惡，消癰腫，化癥積肉食，此其功也。」其特殊氣味主要來自有機硫化物（硫化丙烯）成分。中國醫藥學院營養系系主任沈立言曾在媒體報導中說明，這些硫化物不僅提供氣味，也促使體內排除致癌物質的酵素活性增加，相對減少身體罹患癌症的機率。此外，人體腸道中存在一些特殊細菌，會將食物中的硝酸鹽轉爲亞硝酸鹽，而亞硝酸鹽很容易在胃部的酸性環境下，與蛋白質形成致癌物質亞硝酸胺，特別容易引發胃癌。近來美國大規模研究顯示，大蒜除了能預防心臟病外，也能降低大腸癌的發生。每週吃三瓣蒜頭的人，罹患直結腸癌的機率比不吃的人減少三分之一。美國國家癌症研究中心也將大蒜列爲 40 多種可能具抗癌效果的食物中的第一個研究對象。這項研究結果對於台灣的高比例直結腸癌罹患率別具意義。所以，雖然蔥蒜類對於試管中亞硝酸鈉溶液的清除作用平均不如果汁，但若以消除內源性亞硝酸鹽產生的考量來說，蔥蒜類可是頗好的選擇。

五、茶類與亞硝酸鹽

除了果汁以及蔥蒜類，我們也想知道另一類常被提及的抗癌候選人-「茶」-對於亞硝酸鹽的消除能力爲何？因此我們選用市面上常見的茶包與罐裝茶類做檢測。結果發現不論是天仁或是立頓茶包，都是綠茶才具有較明顯的亞硝酸鹽清除能力，而天仁綠茶的清除亞硝酸鹽效果又比立頓綠茶來的強。至於便利性高的罐裝茶飲方面，以統一茶裡王系列的靜岡玉露茶與阿里山烏龍茶的效果最佳，維他露每朝健康系列的黑烏龍與綠茶爲其次，愛之味的兒茶素健茶素健

康茶排名第三，立頓的烏龍綠茶排名第四。而統一茶裡王系列的其他平均表現較好，古道綠茶與生活泡沫綠茶幾乎沒有效果。其實，在各測試組別做完呈色反應後，肉眼可見的顏色變化就已經讓我們瞠目結舌了！沒想到這幾種罐裝茶類對於亞硝酸鹽的清除能力還真不錯，這也提供了我們選擇罐裝茶類時的參考依據。關於罐裝茶類這部分的實驗仍持續在進行中，期待會有更多商品的比較結果。

茶葉因產地及採摘時間與製作方法不同，就製茶過程可將之大別為紅茶與綠茶兩大類，西方喜好紅茶，味濃郁，而東方則偏愛綠茶之清香其風味之差異乃因兩者製作過程有異所致，綠茶採摘後儘速炒熟以去酵素作用，因此能儘量濃縮保存茶葉內原有的茶多酚，使無法再作氧化作用，其中茶多酚的成份有多種，如兒茶酚、表兒茶酚、表兒茶酚沒食子酸等，這些成份構成綠茶特有的外色與氣味。紅茶則是茶葉採集後任由自然風乾數日後再行揉捻製茶，其間因酵素作用而氧化，使茶多酚轉換成茶黃質及茶紅質等成分，因此綠茶能保留較多量天然茶多酚，色澤較淡且看氣味較清，與紅茶有顯著差別。茶多酚具有強烈阻斷亞硝酸鹽轉換成亞硝胺之功效，因此茶多酚含量高者應具有較佳的亞硝酸鹽清除能力。有趣的事，在罐裝飲料的標示數據上，御茶園的每朝健康系列的茶多酚含量高於茶裡王系列甚多，但是再清除亞硝酸鈉的表現上並不如此最好的。我們認為這結果暗示飲料罐上標示的數據可能不準確。

內源性的亞硝酸鹽除了因消化道內菌類作用產生之外，在動物體內還有另一產生途徑。細胞內的精氨酸經一氧化氮合成酶催化合成 NO，細胞內高濃度的 NO 與氧原子反應形成 NO₂，再聚合為 N₂O₄，並在水中自發歧化為硝酸鹽與亞硝酸鹽。茶多酚則具有抑制一氧化氮合成酶活性之功效。動物及人類臨床試驗均證明茶多酚能降低某種稱作壹型胰島素樣生長因子(insulin-like growth factor-1, IGF-1)的血中濃度，且能更進一步抑制壹型胰島素樣生長因子之功能，故使癌細胞生長受阻。除此之外，茶多酚並可壓抑血管生成因子(vascular endothelial growth factor, VEGF)使腫瘤無法進行新生血管過程，因此癌細胞不利於蔓延轉移。如此看來，要同時清除外源性與內源性的亞硝酸鹽、又要有更多的防癌功效，不妨多多喝茶，而且還得喝對茶才會更有效喔！

三、不同溫度與酸鹼度對於各物質清除亞硝酸鹽效用之影響

現榨果汁、罐裝果汁、蔥蒜類、茶包與罐裝茶飲等組別當中對於亞硝酸鹽去除能力最佳者分別是現榨芭樂汁、統一每日 C 櫻桃莓汁、蒜頭、天仁綠茶茶包與統一茶裡王-阿里山烏龍茶。進一步探討不同溫度以及不同酸鹼度的條件下，這些物質對於亞硝酸鹽清除能力之變化。我們發現隨著溫度的上升，現榨芭樂汁、每日 C 櫻桃莓汁與蒜頭對於亞硝酸鹽的清除能力隨著下降，因而剩餘的亞硝酸鈉濃度上升；天仁綠茶茶包與統一阿里山烏龍茶相對較不受溫度的影響。找尋文獻資料發現，維他命 C 易受熱而快速氧化，茶多酚可耐 250°C 高溫餘一小時。所以加熱後茶類能保有比較好的亞硝酸鹽清除能力但果汁卻不然。而我們也發現擣碎的蒜頭在室溫 25°C 下放置 15 分鐘後卻是有比較好的亞硝酸鹽清除能力，找了許多相關資料才發現，原來是因為存在大蒜的原始成分為一種名為 Aliin 的硫化物，Aliin 一與空氣接觸（當大蒜被咬

碎或切碎) 就會和大蒜中的 Allin 轉化酵素作用, 轉化為活性更強的 Allicin。所以切開了大蒜別急著一口吃下, 稍等個幾分鐘在食用效果會更好。

真實狀況中, 這些物質進到身體後勢必面臨胃酸的考驗。而究竟在酸化的環境中, 這些物質的清除能力是會怎樣變化也是一個有趣的問題。根據實驗結果, 發現在室溫下, 隨著 pH 值的降低, 現榨芭樂汁、每日 C 櫻桃莓汁與蒜頭並未受到明顯的影響; 但天仁綠茶茶包與統一阿里山烏龍茶則是在 pH=5 以下的環境, 快速的降低對亞硝酸鈉的清除能力。而後依模擬人體胃部環境 (37°C, pH=2) 的實驗結果, 推算此些項目對於香腸萃取液之亞硝酸鈉去除力。以現榨芭樂汁為例, 一小杯 250ml 現榨芭樂汁理當可以消除 25 條家樂福牌香腸之亞硝酸鹽。而一罐保特瓶裝的統一阿里山烏龍茶 600ml, 理當可以消除 40 條家樂福牌香腸之亞硝酸鹽, 但較之前使用亞硝酸鈉溶液做測試時少。其他組別在模擬人體胃部環境中, 對於香腸萃取液的亞硝酸鹽清除能力都較先前減少許多。顯然香腸中其他物質的存在以及人體胃部環境的狀況, 都可能減弱這些物質的清除效用。在此將這些數據換算只是為了讓我們更有具體概念, 而非是一套萬用的換算法則。

在當前還沒有理想的替代物的情況下對於降低食品中亞硝酸鹽殘留量的研究, 我們推想還可從幾個方面去進一步探討。1. 篩選高效降解亞硝酸鹽微生物菌種。目前對降解亞硝酸鹽的菌種多為乳酸菌, 因此, 可從乳酸菌中選取不同的菌種, 選育出降解亞硝酸鹽效果理想並能穩定遺傳的菌種, 並製作成乳酸飲料之類以方便使用。2. 尋找能清除亞硝酸鹽但對人體無害的物質作為添加劑, 加入食品中降低亞硝酸鹽, 列如維他命 C 等等。3. 採用殺菌處理以減少雜菌污染, 同時在保證食品最佳發色的情況下, 減少外源性亞硝酸鹽的添加量, 從而減少亞硝酸鹽殘留。4. 對於蔬菜使用化學肥料的方式應加以勸導正確概念, 並建立完善檢測制度。

柒、結論

在食品加工中特別是肉製品加工過程中，適當地加入亞硝酸鹽，可使肉製品具有較好的色、香和獨特的風味，並可抑制毒梭菌的生長及其毒素的產生，因此很多國家允許將其作為發色劑、抗氧化劑、防腐劑而加入到肉製品中。聯合國世界衛生組織和糧農組織早在1973年就制定了食品中亞硝酸鹽的限量標準，成人每人每日容許量為7.8mg。亞硝酸鹽使血液的載氧能力下降，從而導致身體血氧過少，令人感到頭痛、虛弱、呼吸困難。另一方面，亞硝酸鹽可與次級胺結合形成亞硝胺從而誘發消化系統癌變。當前在醃製肉品方面還沒有找到能完全代替亞硝酸鹽的替代物。此外，因施用化學肥料導致硝酸鹽累積在蔬菜內，進而經由各種管道產生外源或內源之亞硝酸鹽來危害身體。為了吃的安心與健康，本文針對當前減少食品中亞硝酸鹽危害的研究進行了系列實驗與探討。並得出下列數點結論：

- (一) 在我們的實驗中也發現蔬菜的保存時間拉長確實會造成蔬菜內亞硝酸鹽含量的增加。而冷藏方式保存期間，除了地瓜葉、蘿蔔與小黃瓜以外，其餘組別之亞硝酸鹽含量均有明顯上升，而以小白菜的上升最多。
- (二) 在室溫保存期間，各組蔬菜的亞硝酸鹽含量均有上升，其中以蘿蔔上升最少，仍以小白菜的上升最多。有機蔬菜放置於室溫下，其亞硝酸鹽的增加量皆較同種之一般蔬菜來的少。為減少攝入外源性亞硝酸鹽，建議購買新鮮有機蔬菜，以冷藏保存並進早食用，或是食用瓜類蔬菜以及球根類蔬菜也是很好的選擇。
- (三) 滿漢、黑橋牌、台畜、家樂福、新東陽等品牌之盒裝原味香腸亞硝酸鹽含量普遍都低於標準含量（70ppm），而以家樂福牌原味香腸的亞硝酸鹽含量（40ppm）稍高於其他品牌。傳統市場的散裝香腸所含亞硝酸鹽都稍高於大賣場的盒裝香腸，但也大都在標準含量之內，5件中有1件樣品是略為超量（73ppm）。而散裝臘腸之亞硝酸鹽含量更高於盒裝或散裝香腸，5件有3件在標準含量邊緣，有2件過量甚多。
- (四) 水果富含多樣維他命與有機酸，這些都是亞硝酸鹽的剋星。根據我們的實驗結果，發現櫻桃與芭樂清除亞硝酸鈉的能力是最強的，而依序是木瓜、橘子、柳丁、香瓜、檸檬、鳳梨、蓮霧、蘋果。
- (五) 針對市售之常見罐裝鮮果汁與蔬果汁（味全每日C柳橙汁、味全每日C葡萄汁、味全每日C櫻桃莓汁、統一芭樂多、統一蘋果多、統一鮮橙多、黑松柳橙C、黑松葡萄柚C、味全蔬果579、愛之味蕃茄汁）做清除亞硝酸鹽能力之檢測。發現「味全每日C」系列與「統一XX多」系列對於亞硝酸鈉之清除能力都頗具效果。而黑松系列則較為遜色。

- (六) 蔥蒜類一直以來都被視為對身體有益的食材，根據我們實驗，發現以蒜頭的清除亞硝酸鹽能力最佳，其次是大蒜、蔥頭、洋蔥、青蔥與韭菜。而未發芽的蒜頭、蔥頭、洋蔥在加熱過後相對保有比較好的清除亞硝酸鈉效果。而加熱過的青蔥、大蒜與韭菜在加熱後對於亞硝酸鈉的清除效果相對有限。
- (七) 蒜香口味香腸裡的亞硝酸鹽含量並無明顯降低，且與同品牌原味香腸相近。顯然這裡添加的蒜香只能增強口味，但無法降低香腸內的亞硝酸鹽。檢測食品當中常使用的「香蒜粉」證實各品牌香蒜粉對於亞硝酸鹽的清除能力都不明顯。顯然香蒜粉加工與保存的過程會導致新鮮蒜頭原有清除亞酸鹽能力喪失。
- (八) 選用市面上常見的茶包與罐裝茶類做檢測。結果發現不論是天仁或是立頓茶包，都是綠茶才具有較明顯的亞硝酸鹽清除能力，而天仁綠茶的清除亞硝酸鹽效果又比立頓綠茶來的強。至於便利性高的罐裝茶飲方面，以統一茶裡王系列的靜岡玉露茶與阿里山烏龍茶的效果最佳，維他露每朝健康系列的黑烏龍與綠茶為其次，愛之味的兒茶素健康茶排名第三，立頓的烏龍綠茶排名第四。
- (九) 隨著溫度的上升，現榨芭樂汁、每日 C 櫻桃莓汁與蒜頭對於亞硝酸鹽的清除能力隨著下降，因而剩餘的亞硝酸鈉濃度上升；天仁綠茶茶包與統一阿里山烏龍茶相對較不受溫度的影響。而搗碎的蒜頭在室溫 25°C 下放置 15 分鐘後卻是有比較好的亞硝酸鹽清除能力。
- (十) 發現在室溫下 (25°C)，隨著 pH 值的降低，現榨芭樂汁、每日 C 櫻桃莓汁與蒜頭並未受到明顯的影響；但天仁綠茶茶包與統一阿里山烏龍茶則是在 pH=5 以下的環境，快速的降低對亞硝酸鈉的清除能力。在模擬人體胃部環境時 (37°C、pH=2)，芭樂汁還是擁有最佳亞硝酸鹽的清除能力，其次依序是統一每日 C 黑櫻桃莓汁、蒜頭、統一阿里山烏龍茶以及天仁綠茶茶包。

不同的水果、蔥蒜與茶葉，有品種、產地、產季、栽植方式、與保存等問題，芭樂或櫻桃會一直是最好的嗎？有沒有其他更好的呢？有機蔥或有機蒜是不是會更有效果？如果茶包效果不好，那麼茶行所販售的或是冷飲店所販售的又會是如何呢？而真實在生物體內，這些物質所展現的效用又是為何？……等等諸多問題，都很值得繼續玩味。追求健康不是單倚靠別人，還得靠自己有智慧的多加小心；吃的安心不能只相信廣告，要讓證據說話。這篇報告讓我們把實驗室與生活拉近了，雖然實驗過程繁瑣，但卻是每做完一次實驗就感覺對生活周遭有更進一步的瞭解。僅此篇報告感謝為我們收集食材、辛勞指導實驗的師長們，才讓我們得以完成實驗。

捌、參考文獻

- 一、White J. (1975) Relative significance of dietary source of nitrate and nitrite. *Agric Food Chem*, 23(5):886-891.
- 二、Corre W J, Breimer T. (1979) Nitrate and nitrite in vegetable. *Centerfor Agricultural Publishing and Documentation*, 85-86.
- 三、劉近周, 彭恕生, 林希蘊. (1986) 大蒜阻斷亞硝酸胺的化學合成. *營養學報*, 8(1): 9-13.
- 四、劉世民. (2004) 洋蔥對亞硝酸鹽清除作用的研究. *食品工業科技*, 25(2):81-82.
- 五、朱曜. (1994) 中國名特優醃臘製品的新型發色劑研究. *肉類工業*, 6:41-44.
- 六、唐發書, 賈仁勇, 彭順清. (2000) 葡萄糖和維生素 C 對香腸中亞硝酸鹽殘留量的影響. *四川畜牧獸醫學院學報*, 14(3):36-38.
- 七、吳永甯, 王淮洲. (1987) 茶葉中影響硝基化反應有效成分的初步探討. *營養學*, 9(4):304-309.
- 八、梁學軍. (1992) 茶葉對亞硝基化合物合成的影響及抗腫瘤作用的研究. *茶葉*, 18(2):9-12.
- 九、袁秋萍. (1998) 乳酸鏈球菌素在肉製品中的應用. *食品工業科技*, (4):27-28.

【評語】 091403

- 1、 能結合實驗與國人飲食習慣或產品效益，有實用參考價值。
- 2、 實驗材料具本土性。
- 3、 成果說明詳實生動。
- 4、 有考慮體內胃部環境的模擬試驗，使結果更具說服力。
- 5、 如能加強結果之統計分析更佳。